PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 17. 1. September 1909. Redaktionsschluß für No. 18 am 28. August 1909. 10. Jahrgang.

INHALT.

Originalmitteilungen:

W. G. Cady u. G. W. Vinal, Über den elektrischen Lichtbogen zwischen Metallelektroden. II. S. 569.

M. Levin u. R. Ruer, Zur Kenntnis der Radioaktivität der gewöhnlichen Materie. S. 576.

J. Stark, Über Röntgenstrahlen und die atomistische Konstitution der Strahlung. S. 579.

A. Eucken, Über die Bestimmung spezifischer Wärmen bei tiefen Temperaturen. S. 586.

Zusammenfassende Berichte:

G. Grube, Bericht über die Verhandlungen des internationalen Kongresses für angewandte Photographie in Wissenschaft und Technik. S. 589.

Physikalische Technik:

M. Iklé, Ältere und neuere weniger bekannte Hilfsmittel für das physikalische Laboratorium. S. 594.

Besprechungen:

E. Bichat u. R. Blondlot, Einführung in das Studium der statischen Elektrizität und des Magnetismus. S. 607.

P. Steffens, Über den Einfluß elektrischer Ströme auf den Blutkreislauf des Menschen. S. 607.

Tagesereignisse. S. 608.

Personalien. S. 608.

Gesuche. S. 608.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über den elektrischen Lichtbogen zwischen Metallelektroden [1].

Zweite Mitteilung.

Theorie und Entstehung der Schwingungen zwischen Glimmlicht und Bogen.

Von W. G. Cady und G. W. Vinal.

§ 1. In unserer ersten Mitteilung [2] haben wir nachgewiesen, daß der Strom im elektrischen Lichtbogen bei geringen Stromstärken unter gewissen Verhältnissen nicht konstant bleibt, sondern ausgesprochenen und schnellen Wechseln unterworfen ist. Die Ergebnisse lieferten den Beweis, daß die Schlußfolgerungen Lechers über die Kontinuität des elektrischen Lichtbogens nicht mehr ohne Modifikation angenommen werden können.

Die in unserer ersten Mitteilung beschriebene Methode zur Prüfung der Kontinuität der Bogenentladung bestand im wesentlichen in der Verwendung eines Bolometers, das parallel mit einer Selbstinduktion in den Stromkreis des Lichtbogens eingeschaltet war. Es stellte sich heraus, daß, wenn wir den Bolometerstromkreis, der aus einer Wheatstoneschen Brückenanordnung bestand, deren einen Arm ein feiner Wollastondraht von 10 Ohm Widerstand bildete, vollständig von dem Stromkreis des Lichtbogens trennten, das Galvanometer in der Brücke zuweilen einen Ausschlag zeigte. Da dies selbst dann auftrat, wenn die beiden Stromkreise einen Meter voneinander entfernt waren, so mußten offenbar im Lichtbogen Schwingungen von beträchtlicher Schwingungszahl und Stärke stattfinden.

Die Untersuchung dieser Schwingungen bildet den Gegenstand unserer zweiten und dritten Mitteilung. Wir werden sie in folgenden Abschnitten behandeln:

I. Theorie der Schwingungen (§§ 2—7).
II. Entstehung und Aussehen der Schwingungen (§§ 8—12).
III. Experimenteller Beweis von Schwingungen zwischen Glimmlicht und Bogen (§§ 13 und 14).
IV. Eigenschaften der Schwingungen (§§ 15—32).

I. Theorie der Schwingungen.

§ 2. Der Klarheit wegen setzen wir hier die Theorie auseinander, welche die befriedigendste Erklärung der Schwingungen bietet, und behalten uns den experimentellen Beweis zugunsten dieser Theorie für später vor.

Nehmen wir einmal an, wir hätten einen Stromkreis, bestehend aus einer elektromotorischen Kraft von mehreren Hundert Volt, einem großen Widerstand mit Feinregulierung und einer kurzen Unterbrechungsstrecke zwischen Metallelektroden in freier Luft. Dann wird, wie bekannt, die Entladung entweder als Glimm-

1) Diese Untersuchung wurde mit Hilfe einer Unterstützung aus dem Elizabeth Thompson Science Fund ausgeführt.

2) Cady und Arnold, diese Zeitschr. **8**, 890, 1907. — In der ersten Mitteilung finden sich folgende Druckfehler: Auf Seite 892 sind in der Erläuterung zur Fig. 1 die Angaben „links" und „rechts" miteinander zu vertauschen. Ferner ist in der zweiten Spalte von Seite 904, in der 7. Zeile von unten statt: „kein Widerstand" zu lesen: „keine Ablenkung". — Erst während der Drucklegung des ersten Teiles lernten wir die Arbeit des Herrn Professor Simon über den Lichtbogen bei kleinen Stromstärken (diese Zeitschr. **8**, 471, 1907) kennen, die teilweise dasselbe Gebiet behandelt, und deren Ergebnisse mit den unsrigen in Einklang stehen. Einige Monate nach dem Erscheinen unserer ersten Mitteilung veröffentlichten die Herren Buisson und Fabry (C. R. **146**, 1143, 1908) gleichfalls ihre Entdeckung des ersten und zweiten Stadiums im Eisenlichtbogen.

entladung mit einer Charakteristik erfolgen, die durch die Linie ab der Fig. 1 dargestellt wird, oder als Lichtbogen, dessen Charakteristik durch cd dargestellt wird. bc' ist das instabile Intervall, welches die Entladung beim Über-

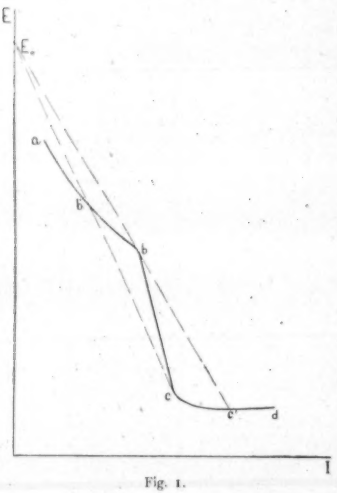

Fig. 1.

gang vom Glimmlicht zum Bogen überspringt, cb' das Intervall, das beim Übergang in entgegengesetzter Richtung durchlaufen wird[1]). Die Neigung der Linie bc' wird durch die zugeführte elektromotorische Kraft E_0 bestimmt.

Der Widerstand möge anfänglich verhältnismäßig klein sein, so daß der Bogen bei d stabil ist. Wenn nun der Widerstand vergrößert wird, gelangen wir zu einem Punkte, wo die Energie an der Kathode zu klein ist, um die Verdampfung zu unterhalten, und die Entladung geht dann plötzlich längs cb' in eine Glimmentladung über. Dabei kann die Anode sich in einem Verdampfungszustande befinden oder nicht. Im allgemeinen hört die Anode früher auf zu verdampfen als die Kathode. („Erstes Stadium" unserer ersten Mitteilung.)

Die Schwingungen, mit denen wir es hier zu tun haben, sind reine Kathodenerscheinungen, und das Material der Anode spielt bei ihnen keine Rolle.

Wenn die Linie cb' steil ist (hohe angelegte elektromotorische Kraft), so kann es geschehen, daß die an der Kathode verausgabte Energie bei b' größer ist als bei c. Wenn die Bedingungen derartig sind, daß die Wärme hauptsächlich auf die Nachbarschaft der Kathode beschränkt ist, so steigt die Temperatur der negativen Elektrode schnell, so daß der Teil $b'b$ der Charakteristik, vielleicht mit geringen Veränderungen wegen der hohen Temperatur, automatisch durchlaufen wird, bis dann die Verdampfung einsetzt, sich ein Bogen längs bc' bildet und der Kreislauf sich von neuem wiederholt. Die Periode dieses Kreislaufes ist außerordentlich veränderlich und hängt von einer großen Anzahl von Faktoren ab; die hauptsächlichsten unter diesen sind die Natur und Gestalt der Kathode, die Möglichkeit der Wärmeabgabe, der Abstand zwischen den Elektroden, Natur und Druck des Gases, elektromotorische Kraft und Widerstand des Stromkreises und, wie wir sehen werden, Selbstinduktion und Kapazität des Stromkreises, der als ein System zu betrachten ist, das elektrische Schwingungen ausführen kann.

§ 3. Wenn man beispielsweise eine elektromotorische Kraft von 460 Volt anlegt und oxydfreie Kupferelektroden von 1—2 mm Durchmesser in freier Luft verwendet, so kann man erreichen, daß die Entladung unregelmäßig zwischen Bogen und Glimmlicht mit einer Periode hin und her pendelt, die von einer halben bis zu mehreren Sekunden währt. In der Glimmlichtphase bedeckt der negative Mantel das Ende der Kathode, die auf eine beträchtliche Strecke von ihrer Spitze an glühend wird, ehe die Verdampfung einsetzt.

Wenn wir jetzt die Unterbrechungsstrecke kürzer machen und die Stromstärke verringern, so wird die Glimmentladung in dem Gas auftreten, das der Bogen ionisiert gelassen hat, und das auf den engen Zwischenraum zwischen den Elektroden beschränkt ist. Der negative Mantel wird annähernd die Fläche der negativen Basis des Bogens einnehmen, und die Temperatur dieser kleinen Fläche wird sehr schnell steigen. Hierdurch wird die Verdampfung beschleunigt und die Glimmlichtphase verkürzt. Da die zur Unterhaltung der Verdampfung in der Bogenphase verfügbare Energie jetzt sehr klein ist, so wird auch die Dauer des Bogens sehr verringert. Die Entladung pendelt dann mit einer Frequenz, die in die Tausende hineinreichen kann, zwischen den beiden Phasen hin und her. Dabei schwankt die Temperatur der Kathodenoberfläche zwischen dem Siedepunkt des Materials und einem ein wenig tiefer gelegenen Punkte. Diese örtliche Erwärmung ist jetzt in hohem Grade von der Beschaffenheit der Kathodenoberfläche abhängig, und die Periode wird schwanken, während die Entladung von Punkt zu Punkt über diese Oberfläche wandert. Die Schwingungen, die wir unter Verwendung von Kupferelektroden in Luft photographisch

1) Vergl. Kaufmann, Ann. d. Phys. (4) **2**, 162, 1900; ferner unsere erste Mitteilung, S. 897.

aufgenommen haben, sind als ein Beispiel dieser Art anzusehen (s. § 9).

§ 4. Wollen wir die Schnelligkeit der Schwingungen weiter steigern, so müssen wir dem umgebenden Gase unser Augenmerk zuwenden. Wenn wir ein passendes Gas wählen, die Stromstärke auf das richtige Maß herabsetzen und die Entfernung zwischen den Elektroden sehr klein machen, so wird, wie wir weiterhin (§ 10) sehen werden, die Periode der Schwingungen hauptsächlich durch die elektrischen Konstanten des Stromkreises bestimmt. Mit anderen Worten: es treten elektrische Schwingungen hoher Frequenz auf, die durch den Widerstand, die Selbstinduktion und die Kapazität, die in dem Bogenstromkreise konzentriert oder verteilt sind, bestimmt werden und ihrerseits auf die Entladung einwirken und deren Periode bestimmen. Die Entladung erteilt dann den Schwingungen Energie in derselben Weise, wie das Echappement einer Uhr dem Pendel Energie erteilt. Das Material der Kathode kann die Intensität und die Beständigkeit der Schwingungen beeinflussen, nicht aber ihre Frequenz.

In dieser Hinsicht ist die Glimmlicht-Bogen-Entladung der Funkenstrecke analog, mit der Ausnahme, daß sie aus ungedämpften Schwingungen zu bestehen scheint (s. § 29). Es besteht auch eine Analogie mit dem schwingenden Bogen vom Thomson-Duddell-Typus, dessen Schwingungsperiode wesentlich von der zu ihm parallel geschalteten Kapazität und Selbstinduktion abhängt. Die verteilte Selbstinduktion und Kapazität im Stromkreise der Glimmlicht-Bogen-Entladung selbst entsprechen der zu dem Duddellschen Bogen parallel geschalteten Selbstinduktion und Kapazität, und der steile Abfall der Linie bc (in Fig. 1) entspricht dem charakteristischen „Abfall" des Duddellschen Bogens.

Hochfrequenzschwingungen vom Duddellschen Typus, bei denen die einzigen Selbstinduktionen und Kapazitäten die der Elektroden und der benachbarten Teile des Stromkreises waren, sind von Stschodro[1]) und von Simon[2]) beschrieben worden. Anscheinend ist aber in beiden Fällen ein stabiler Bogen der gewöhnlichen Art verwendet worden.

§ 5. Während des Überganges der Schwingungen verhält sich der Entladungskreis selbst wie ein offener Oszillator, der Energie ausstrahlt. Es ist daher auf jedem der beiden folgenden Wege möglich, Energie aus der Entladung zu gewinnen: entweder kann man eine Spule im Entladungskreise mit einer außerhalb stehenden Sekundärspule induktiv koppeln, oder man kann die elektromagnetischen Wellen benutzen, die von den verschiedenen Teilen des Entladungskreises ausgestrahlt werden. Bei unseren Frequenzmessungen haben wir die erstgenannte Methode angewandt. Die Strahlungen werden im § 32 behandelt werden.

§ 6. Das schließliche Ergebnis der Schwingungen zwischen Glimmlicht und Bogen ist die Umwandlung eines Teiles der Gleichstromenergie in Wechselstromenergie, die einen Wechselstrom hervorruft, der sich dem Gleichstrom überlagert. In dieser Hinsicht verhält sich die Entladung wie ein Mikrophonkontakt oder wie ein Stromunterbrecher. Solche Fälle lassen sich entweder als pulsierende Widerstände oder als wechselnde elektromotorische Kräfte behandeln[1]). Nehmen wir beispielsweise an, eine konstante elektromotorische Kraft E sende einen Strom $\mathcal{J}$ durch einen Stromkreis von der Selbstinduktion L, dem konstanten Widerstand R und dem pulsierenden Widerstand $aR\cos pt$. Dann ist:

$$E = L\frac{d\mathcal{J}}{dt} + \mathcal{J}R(1 + a\cos pt).$$

Diesen Fall hat Barkhausen[2]) behandelt. Barkhausen gelangt durch ein fortlaufendes Näherungsverfahren zu dem Schlusse, daß die Stromwelle eine Gestalt hat, die durch eine Grundschwingung mit einem System höherer harmonischer Partialschwingungen dargestellt wird. Herr L. Cohen hat die Gleichung für einen anderen Zweck exakt gelöst; wir sind ihm für die freundliche Erlaubnis dankbar, von der Lösung Gebrauch zu machen. In einer demnächst erscheinenden Arbeit des Herrn Cohen wird der Nachweis dafür erbracht werden, daß

$$\mathcal{J} = \frac{E}{R}\left\{1 + \frac{Ra}{\sqrt{2}(R^2+p^2L^2)}\cos(pt-\varphi) - \frac{R^2a^2\cos(2pt-\psi_1-\psi_2)}{2\sqrt{R^2+p^2L^2}(R^2+4p^2L^2)} + \cdots\right\}$$

ist, wo φ, ψ_1, ψ_2 Konstanten sind.

Für den vorliegenden Zweck ist das Beachtenswerteste an dieser Lösung neben dem Vorkommen der harmonischen Glieder der Umstand, daß die Reihe um so langsamer konvergiert, je größer der Wert von a ist, das heißt, je größer die Amplitude des veränderlichen Widerstandes ist. Dieser Umstand kommt mit für die Intensität der weiter unten (§ 25) verzeichneten höheren Partialschwingungen auf. Die eben angeführte Gleichung läßt zwei Umstände unberücksichtigt: zunächst den Umstand, daß die Kapazität des Stromkreises bei Schwingungen hoher Frequenz eine wichtige Rolle spielt, und zweitens den Umstand, daß der Widerstand der elektrischen Entladung nicht

1) Stschodro, Ann. d. Phys. (4) **27**, 225, 1908.
2) Simon, diese Zeitschr. **9**, 872, 1908.

1) Barkhausen, Das Problem der Schwingungserzeugung, Leipzig 1907, S. 19.
2) Barkhausen, a. a. O.

sinusförmig pulsiert, sondern in viel komplizierterer Form.

§ 7. Über die relative Dauer der Bogenphase und der Glimmlichtphase wissen wir wenig, aber je kürzer eine dieser beiden Phasen gegenüber der anderen ist, um so ausgeprägter müssen die harmonischen Glieder werden. Auf jeden Fall können wir das Vorkommen einer komplizierteren Wellenform, die eine große Familie von Partialschwingungen umfaßt, mit Zuversicht voraussagen. Wegen der mangelnden Symmetrie zwischen der Bogen- und der Glimmlichtphase können sowohl ungeradzahlige wie geradzahlige Partialschwingungen vorkommen (§ 25).

Der Sachverhalt wird weiter durch den Umstand kompliziert, daß die Schwingungen sich mit ihrer Frequenz der natürlichen Periode jenes Teiles des Stromkreises anpassen, durch den sie hindurchgehen können; es tritt eine Art von Resonanz auf, und das Ergebnis ist, daß der Effektivwert des Wechselstromes größer sein kann als der des von der Stromquelle gelieferten Gleichstromes.

Hieraus geht hervor, daß während einer gewissen Zeit im Verlaufe eines jeden Kreislaufes die Stromrichtung umgekehrt wird. Damit diese Umkehrung auftreten kann, muß offenbar die Kapazität des Bogenkreises eine wichtige Rolle spielen.

Die Form der Stromwelle muß einigermaßen der in Fig. 2 dargestellten entsprechen. In

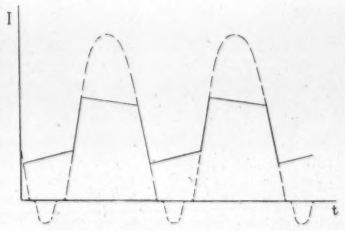

Fig. 2.

dieser Figur stellen die ausgezogenen Linien den normalen Strom dar, der zwischen Bogen und Glimmlicht pulsiert, und zwar unter Vernachlässigung der Resonanzwirkungen. Die gestrichelten Linien zeigen die Form der Stromwelle, wenn die Pulsationen synchron mit der Eigenperiode des Stromkreises erfolgen. Die Stromstärke in der Bogenphase steigt viel höher als zuvor, während die Glimmlichtphase mit positiver Stromrichtung praktisch verschwindet und eine kurze Entladung in entgegengesetzter Richtung an ihre Stelle tritt.

Wenn die Frequenz niedriger wäre, so würde die Potentialdifferenz sehr hoch steigen müssen, um bei jedem Richtungswechsel die Entladung wieder einsetzen zu lassen, und das Ergebnis würde praktisch eine Folge von Funken sein. Angesichts der hohen Frequenz (von der Größenordnung einer Viertelmillion) und des kurzen Elektrodenabstandes kann aber offenbar die Glimmlichtphase sofort nach jedem Richtungswechsel des Stromes beginnen.

Die Frequenz ist zu inkonstant, um eine Analyse der Wellenform mittels irgendeiner der gewöhnlichen Oszillographentypen zuzulassen. Andererseits würde eine Schätzung der Frequenz auf theoretischer Grundlage eine Kenntnis des Widerstandes, der Selbstinduktion und der Kapazität nicht nur des Stromkreises, sondern auch der Entladung selbst erfordern. Diese Faktoren überschläglich zu berechnen, würde schwierig sein, da man hierzu notwendig genau wissen müßte, wieweit die Schwingungen in den Stromkreis eindringen.

II. Entstehung und Aussehen der Schwingungen.

§ 8. Wenn die Schwingungen kräftig waren, so wurden sie mit Hilfe eines Bolometers nachgewiesen, das vom Stromkreise des Bogens isoliert und 10 bis 100 cm von diesem entfernt war. In diesem Falle empfing der Bolometerkreis die Energie größtenteils in Gestalt elektromagnetischer Strahlungen seitens der nächstgelegenen Teile des Entladungskreises. Bei schwachen Schwingungen, wie die weiter unten zunächst zu beschreibenden, war es erforderlich, einen Punkt des Bolometerkreises mit einer Elektrode des Bogens zu verbinden.

Schwache Schwingungen erhielten wir beispielsweise mit einem Kupferlichtbogen in freier Luft und mit Eisen- oder Silberlichtbogen in Stickstoff (vgl. S. 894 unserer ersten Mitteilung). In einigen dieser Fälle bestand auch die Kathode aus Kohle.

Die weitere Untersuchung des Kupferlichtbogens in Luft lieferte die nachstehenden Ergebnisse, die wir im allgemeinen mit einer EMK. von mehr als 400 Volt gewonnen haben:

Will man Schwingungen erhalten, so muß die Kupferkathode rein und frei von Oxyd sein. Dies steht im Einklang mit unserer früheren Bobachtung, daß von einer oxydierten Elektrode aus keine Glimmentladung möglich ist. Die Schwingungen lassen sich zuweilen mit dem Bolometer nachweisen, wenn die Stromstärke bis zu einem Ampere beträgt, und sie erreichen ihre höchste Intensität bei 0,2 bis 0,3 Ampere. Die Länge des Bogens kann bis zu 2 mm betragen, die besten Resultate erhält man aber

mit einer ganz kurzen Unterbrechung zwischen den Elektroden.

Elektroden mit Wasserkühlung bieten keinen merklichen Vorteil gegenüber solchen auf hoher Temperatur. Aus reichlichem Material ergibt sich, daß der Übergang aus dem ersten in das zweite Stadium an der Kupferanode nichts mit dem Effekt zu tun hat, der ein reines Kathodenphänomen bildet. Man erhält die gleichen Effekte, gleichviel ob die Anode aus Kupfer besteht oder aus Kohle.

Der Beginn kräftiger Schwingungen gibt sich durch das Aussehen der Entladung zu erkennen, die eine Gestalt annimmt, welche zwischen der eines Bogens und der einer Glimmentladung steht. Dabei hört man einen ganz charakteristischen klingelnden Ton, und die Nadel des zur Entladung parallel geschalteten Voltmeters zittert heftig und unregelmäßig zwischen zwei Grenzlagen hin und her.

Oberhalb 0,4 Ampere ist die Entladung ein stabiler Bogen. Bei 0,4 Ampere beginnen die Schwankungen zwischen Bogen und Glimmlicht, anfänglich schwach, dann aber mit abnehmender Stromstärke an Intensität zunehmend. Bei höherer angelegter EMK. würde es zweifellos möglich gewesen sein, unter weiterer Verringerung der Stromstärke die allmähliche Intensitätsabnahme bis zur Erreichung einer stetigen Glimmentladung zu beobachten. Unter welchen Bedingungen man immer die Schwingungen erhalten mag, stets haben sie bei einer bestimmten Stromstärke die größte Intensität.

§ 9. Um die Natur und die Schwingungszahl dieser Schwingungen näher zu untersuchen, ließen wir das Bild des Bogens auf eine in schneller Bewegung befindliche photographische Platte fallen. Wir benutzten dabei einen Bogen, der zwischen einer Kohlenanode und einer Kupferkathode in freier Luft überging, und ordneten die Elektroden horizontal an. Wir ließen die photographische Platte in einer vertikalen Führung aus Holz fallen und beschleunigten ihre Bewegung durch Gummibänder, bis sie an einer Öffnung in dem Fallschacht mit einer Geschwindigkeit von ungefähr 565 cm/sec = 0,000177 sec/mm vorüberglitt. Mittels einer achromatischen Linse erhielten wir ein winziges Bild des Bogens auf der Platte während ihres Vorüberganges an dieser Öffnung.

Wir ließen eine Anzahl Platten unter verschiedenen Verhältnissen für den Lichtbogen fallen; die Stromstärke war dabei von der Größenordnung 0,3 Ampere und die Länge des Bogens betrug 1 mm.

Nahezu in allen Fällen, in denen das Bolometersystem einen Ausschlag aufwies, war die Aufzeichnung auf der photographischen Platte keine ununterbrochene Linie, vielmehr war sie in ein System mehr oder minder periodischer Punkte und Striche aufgelöst. Diese traten in Zügen von fünf bis zu mehreren hundert Wellen auf, und zwar war die Periode in jedem einzelnen Wellenzug durchweg praktisch konstant, änderte sich indessen unvermittelt von einem Wellenzug zum nächsten. In jedem einzelnen Wellenzug waren die Wellen anscheinend ungedämpft.

Die geringste beobachtete Frequenz betrug ungefähr 1300 in der Sekunde, die höchste ungefähr 43000. In einem Falle trat in einer und derselben Aufnahme ein Wechsel von einer Frequenz von 1300 in der Sekunde zu einer solchen von 10000 in der Sekunde auf. Die Geschwindigkeit der Platten und die Deutlichkeit des Bildes gestatteten kaum, eine Frequenz von mehr als 50000 in der Sekunde zu identifizieren; wir können daher nicht mit Bestimmtheit behaupten, daß höhere Frequenzen nicht vorkamen.

Diese Versuche lehren, daß beim oszillierenden Bogen zwischen Kohle und Kupfer in freier Luft die Stromstärke und das von dem Bogen ausgesandte Licht beständig mit einer Periode schwanken, die ihrerseits wiederum plötzlichen und großen Schwankungen unterworfen ist (vgl. § 3).

§ 10. Wir lassen nun einen kurzen Bericht über die Versuche folgen, die wir in der Absicht unternahmen, zu erfahren, unter welchen Bedingungen sich die Regelmäßigkeit, die Frequenz und die Intensität dieser Schwingungen steigern lassen.

In CO_2 und in N. Die Bolometerausschläge sind klein und unzulänglich.

In H. Wir konnten keinen Bogen, sondern nur eine Glimmentladung erhalten, es sei denn, daß die Stromstärke mehr als 3 Ampere betrug.

Wir führten nun ein wenig Benzindampf in der Weise ein, daß wir den Wasserstoff durch eine Flasche mit Benzin hindurchperlen ließen[1]). Dadurch waren wir imstande, die Stromstärke im Bogen auf 0,2 Ampere herabzumindern, und bei dieser Stromstärke traten gute Schwingungen auf. Wir gaben indessen die Anwendung von Benzin wegen des reichlichen Rußniederschlages und wegen der Tendenz des Bogens, auszugehen, auf.

In Leuchtgas. Leuchtgas lieferte weit bessere Resultate als irgendeines der zuvor erwähnten Gase. Wir verwandten hauptsächlich eine Silberkathode. Wegen des Niederschlages von Kohlenstaub aus dem dissoziierten Gase verdünnten wir dieses durch Zusatz einer gewissen Menge Stickstoff oder Luft. In Leuchtgas beobachteten wir zum ersten Male große Ausschläge, wenn der Bolometerkreis ganz und gar vom Bogenkreise abgeschaltet war. Der Effekt

1) Vgl. Barreca, Electrician, 17. Januar 1908.

war bei Atmosphärendruck entschieden besser als bei irgendeinem verminderten Druck. Wir konnten indessen keine Schwingungen nachweisen, wenn der Bogen von der Flamme eines Bunsenbrenners umgeben war.

In *H* und Azetondampf. Die Versuche mit Benzindampf und mit Leuchtgas wiesen darauf hin, daß die Gegenwart von Kohlenwasserstoffen rings um den Bogen die Entstehung von Schwingungen sehr erleichtert. In dem Bestreben, eine Kohlenstoffverbindung zu finden, die weniger zur Bildung von Kohlenstaub Anlaß geben würde, versuchten wir ein Gemisch von Wasserstoff und Azeton, wie es Fischer[1]) beschrieben hat. Dieses Gemisch stellten wir dadurch her, daß wir den aus einem Kippschen Apparat kommenden Wasserstoff durch den oberen Teil einer Flasche mit Azeton hindurchstreichen ließen. Wir fanden es besser, den Wasserstoff nicht durch die Flüssigkeit hindurchperlen zu lassen. Bei diesem Verfahren war genügend Azetondampf vorhanden, um kräftige Schwingungen zu ermöglichen, ohne eine sehr schnelle Anhäufung von Kohlenstaub zu verursachen. Nichtsdestoweniger war eine häufige Säuberung der Elektroden erforderlich, und die Schwingungen waren hinsichtlich ihrer Konstanz niemals mit denen zu vergleichen, die vom Funken oder vom Duddellschen Lichtbogen ausgehen. Selbst unter sorgfältigster Beobachtung aller Vorsichtsmaßregeln konnten wir nicht vermeiden, daß die Schwingungen unbeständig und unregelmäßig waren. Wir konnten kaum jemals eine Resonanzkurve erhalten, ohne gezwungen zu sein, die Elektroden zusammenzubringen, eine von ihnen zu drehen, oder den Charakter der Schwingungen anderweitig zu verändern. Daher dürfen die Werte für die Frequenz, die wir weiter unten angeben werden, nur als rohe Näherungswerte angesehen werden. Nahezu sämtliche zu beschreibende Beobachtungen wurden mit der Entladung in Wasserstoff und Azeton ausgeführt.

Die Frequenz ist in Leuchtgas oder in Azeton viel größer als in Luft. Die Kohlenstoffverbindungen, die die Entladung umgeben, machen anscheinend die Kathodenbasis in der Glimmlichtphase konzentrierter und beschleunigen dadurch ihre Temperatursteigerung. Die Entladung ist stetiger und ruhiger als in Luft, und die Schwingungszahl ist verhältnismäßig konstant, da sie durch die elektrischen Konstanten des Stromkreises bestimmt wird (vergl. § 4).

Ein parallel zur Entladung geschaltetes Voltmeter zeigte während der Schwingungen ungefähr 215 Volt an, wenn die Stromstärke 0,1 Ampere betrug. Dieser Wert ist indessen nicht zuverlässig, denn das Vorhandensein des Voltmeters im Nebenschluß zum Bogen verringerte die Intensität der Schwingungen bedeutend (vergl. § 31). Den wahren Wert des mittleren Entladungspotentials erhielten wir auf Grund der Kenntnis der Stromstärke, der EMK. und des äußeren Widerstandes, und er ergab sich unter Verhältnissen, die den oben genannten ähnlich waren, zu ungefähr 280 Volt. Dieser Wert liegt zwischen dem Potentialgefälle, das man gewöhnlich für einen Lichtbogen findet, und dem, das man gewöhnlich für eine Glimmentladung findet.

§ 11. Versuche mit verschiedenen Metallen. Ein beliebiges Metall oder Kohle kann als Anode dienen. Allerdings ist bei Verwendung von Kohle die Rußbildung lästig. Als Kathode haben wir *Pt*, *Fe*, *Ag*, *Cu*, *Al*, *Pb* und Weichlot versucht. Alle geben anfänglich Schwingungen von anscheinend derselben Intensität und Frequenz, indessen wird durch Veränderung der Oberfläche einiger dieser Metalle der Effekt alsbald vernichtet. Wir konnten keinen Unterschied in der Frequenz mit Sicherheit nachweisen, wenn die Kathode aus *Ag* oder aus *Cu* oder aus *Al* bestand. Ein feiner Kupferdraht brachte denselben Effekt hervor wie eine große Scheibe. Mit Kohle als Kathode konnten wir nur die schwächsten Schwingungen beobachten, obschon gerade mit dieser Anordnung die Schwingungen zum ersten Male entdeckt wurden. Schwarzes Eisenoxyd, Fe_3O_4, gab schwache Schwingungen.

§ 12. Wenn die zugeführte EMK. allmählich vermindert wurde, wurden die Schwingungen weniger intensiv, und es erwies sich eine größere Stromstärke als erforderlich. Bei einer angelegten EMK. von nur 145 Volt bemerkten wir noch einen ganz schwachen Ausschlag am Bolometer; die Entladungsstromstärke betrug dabei 0,8 Ampere. Dieser Ausschlag rührte möglicherweise nur von Unregelmäßigkeiten im Brennen des Bogens her. Jedenfalls schien kein kritisches Entladungspotential zu bestehen, bei dem die Schwingungen plötzlich begannen.

III. Experimenteller Nachweis von Schwingungen zwischen Glimmlicht und Bogen.

§ 13. Der Umstand, daß ein allmählicher Übergang von einem sichtbaren langsamen Wechsel zwischen Bogen und Glimmlicht in Luft über die schneller pulsierende, auf photographischem Wege aufgezeichnete Entladung zu den Hochfrequenzschwingungen in Wasserstoff und Azeton beobachtet werden kann, führt naturgemäß zu der Annahme, daß in diesen letztgenannten Schwingungen auch noch der Wechsel zwischen Bogen und Glimmlicht vor sich geht. Natürlich steht auch die andere

1) Fischer, Ann. d. Phys. (4) **28**, 57, 1909.

Hypothese offen, daß eine intermittierende Funkenentladung existiert, und in der Tat könnte man vielleicht durch Erhöhung der EMK. und Veränderung der Konstanten des Stromkreises einen allmählichen Übergang von den Pulsationen zwischen Glimmlicht und Bogen zu einer reinen Funkenentladung herstellen. Daß die vorliegende Erscheinung keine Funkenentladung im gewöhnlichen Sinne ist, wird durch die geringe Dämpfung der Schwingungen wahrscheinlich gemacht (§ 29). Dagegen ließe sich andererseits geltend machen, daß es sich hier um eine Funkenentladung von der Art handele, wie sie Max Wien beschrieben hat, und zwar würden die Kapazität und die Selbstinduktion im Entladungskreise an die Stelle des schwingenden Zweiges in der Wienschen Schaltung treten. In diesem Falle würde der Wellenzug, der jeden einzelnen Funken bildete, rasch auf Null abfallen, ehe der nächste Funken übergeht. Um aber die beobachtete Tatsache zu erklären, daß die Effektivstromstärke des Wechselstromes mehrfach so groß ist wie die Gleichstromstärke, würden wir eine sehr große Anfangsamplitude annehmen müssen, die schwer mit der verhältnismäßig niedrigen angelegten EMK. verträglich wäre. Der Umstand, daß unsere Schwingungen in Kohlenwasserstoffdämpfen am besten sind, und daß wir keine Mittel anwandten, um die Primärschwingungen zu dämpfen, verschärft den Unterschied zwischen den beiden Erscheinungen, zumal da der Sekundärkreis (§ 29) beträchtlich gedämpft war.

§ 14. Nach der hier aufgestellten Erklärung für die Schwingungen muß das Potentialgefälle längs der Entladung einmal während jeder Periode zu dem für eine Glimmentladung charakteristischen Werte ansteigen. Wir beschlossen, dies zu untersuchen, und gleichzeitig die Frage zu beantworten, ob die Schwingungen vielleicht von einer schnellen Folge kurzer Funken herrührten. Im letzteren Falle wäre nämlich zu erwarten, daß die Potentialdifferenz beträchtlich über den einer Glimmentladung entsprechenden Wert steigen würde.

In Anbetracht der hohen Frequenz der Schwingungen schien das einzige anwendbare Verfahren zur Messung der maximalen Potentialdifferenz darin zu bestehen, parallel zur Entladung eine geeichte Funkenstrecke zu schalten. Daß diese Methode selbst dann anwendbar ist, wenn die Frequenz bis zu einer Million beträgt, geht aus den Arbeiten von Voege[1]) und von Algermissen[2]) hervor. Besonders der letztgenannte Forscher weist nach, daß bei kurzen Funkenlängen das Entladungspotential bei Hochfrequenz nur wenig von dem statischen Potential abweicht.

1) Voege, ETZ. **25**, 1033, 1904.
2) Algermissen, Ann. d. Phys. (4) **19**, 1016, 1906.

Die benutzte Funkenstrecke bestand aus einer Messingplatte A (siehe Fig. 3) von 1 cm Durchmesser, die als Anode diente, und einer kleinen stählernen Nähnadel B als Kathode.

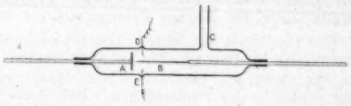

Fig. 3.

Diese Elektroden waren in ungefähr 1 mm Abstand in einer kleinen Glasröhre angebracht und mit Siegellack eingekittet. Ein seitlicher Arm C der Röhre stand in Verbindung mit einem Wasserstoffapparat, der Luftpumpe und dem Manometer. Der Kupferlichtbogen in einem Gemisch aus Wasserstoff und Leuchtgas auf Atmosphärendruck wurde als Quelle der Schwingungen benutzt. Kurze, dicke Drähte verbanden die Polklemmen des Bogens mit der Funkenstrecke.

Wir begegneten zunächst großen Schwierigkeiten, als es galt, einen Funken bei hinreichend niedrigem Potential sogleich übergehen zu lassen. Ein Eisenlichtbogen, und späterhin ein kräftiger Funken zwischen Zinkelektroden dicht an der Glasröhre brachten keine wesentliche Besserung, ebensowenig eine direkte Ionisierung des Gases in der Röhre durch Hindurchsenden der Entladung eines kleinen Induktoriums von der Spitze zur Platte unmittelbar vor jeder Beobachtung.

Wir verfielen dann darauf, das Gas künstlich in einem Ionisationszustande zu halten, während das Funkenpotential angelegt wurde. Zu diesem Zwecke schmolzen wir zwei Platindrähte, D und E, zu beiden Seiten der Funkenstrecke, etwa 5 mm vor der Messingscheibe, in die Röhre ein. Die Elektrode A wurde beständig mit den positiven Klemmen des Bogens und einer variablen Eichbatterie verbunden gehalten. B konnte schnell hintereinander mit der negativen Klemme der Eichbatterie (und zwar über einen hohen Widerstand) und mit der Kathode des Bogens verbunden werden. Die Beobachtungen wurden in der nachstehenden Reihenfolge ausgeführt: Das Gas in der Glasröhre wurde bis auf einen bestimmten Druck ausgepumpt, die Hilfsentladung zwischen D und E eingeleitet, und das niedrigste statische Potential beobachtet, das noch eben hinreichte, um eine Entladung zwischen A und B einzuleiten. Dann wurde B schnell mit der Kathode des Bogens verbunden und beobachtet, ob eine Entladung zwischen A und B stattfand oder nicht. Die Entladung zwischen D und E wurde während dieser ganzen Operation unterhalten. Dann wurde der Druck in der Röhre verändert und die Beobachtungen wiederholt. Jede Ver-

änderung des Gasdrucks brachte natürlich eine Änderung des Minimum-Funkenpotentials mit sich. Nach einer Reihe solcher Beobachtungen waren wir daher in der Lage, eine hinreichend nahe obere Grenze für das maximale Potentialgefälle längs des Bogens festzusetzen.

Das niedrigste auf diese Weise am Eichungsstromkreise beobachtete Entladungspotential betrug 340 Volt bei einem Gasdruck von ungefähr 7 mm in der Funkenröhre. Bei einer angelegten EMK. von 460 Volt am Bogen wurde das maximale Potentialgefälle längs des Bogens bei Gegenwart von Schwingungen immer zu mindestens 340 Volt, gewöhnlich zu ungefähr 385 Volt, aber niemals höher als zu 397 Volt gefunden.

Diese Werte sind kaum größer, als sie für das Potentialgefälle zwischen den Polen einer kurzen Glimmentladung zu erwarten wären, wo der größere Teil des gesamten Gefälles an der Kathode liegt. Daher scheint, sofern die Methode der Funkenstrecke bei Hochfrequenzschwingungen zulässig ist, erwiesen, daß die Entladung nicht intermittierend und diskontinuierlich ist, sondern in einem äußerst raschen Wechsel zwischen Bogen und Glimmlicht und umgekehrt besteht.

Die Verwendung von Hilfselektroden zur Ionisierung ist für Untersuchungen dieser Art in jeder Hinsicht zu empfehlen. Mit ihrer Hilfe erfolgt das Ansprechen der Röhre auf eine angelegte Spannung oberhalb des Minimums augenblicklich, während das Minimum-Entladungspotential selbst scharf definiert und gut reproduzierbar ist. Die Gegenwart der Hilfsentladung zur Ionisierung schien das kritische Entladungspotential nicht niedriger zu machen, als es ohne künstliche Ionisierung nach der gewöhnlichen Verzögerung war.

Zusammenfassung.

I. Wir haben die Theorie einer Art pulsierender Entladung auseinandergesetzt, die wir aus Zweckmäßigkeitsgründen die „Glimmlicht-Bogenlicht-Entladung" nennen. Diese Entladung ist ein spontaner und schneller hin und her verlaufender Wechsel zwischen Bogen und Glimmlicht; ihr wesentliches Merkmal ist, daß die Energieabgabe an der Kathode in der Glimmlichtphase viel größer ist als in der Bogenphase. Unter geeigneten Bedingungen ist die Frequenz dieser Schwingungen so hoch, daß sie synchron mit der natürlichen Periode der benachbarten Teile des Entladungskreises verlaufen, die bestimmt wird durch deren — verteilten oder konzentrierten — Widerstand, Selbstinduktion und Kapazität. Es entsteht ein oszillierender Strom, dessen Stärke größer sein kann als die des zugeführten Stromes. Wir haben gezeigt, daß höhere Partialschwingungen in der Stromwelle stark hervortreten müssen.

II. Wir haben die besten Bedingungen für die Schwingungen untersucht. Der Kupferlichtbogen in Luft liefert Pulsationen, die genügend langsam verlaufen, um auf einer photographischen Platte aufgezeichnet werden zu können. Die Schwingungen sind aber äußerst schnell und kräftig, wenn die Entladung in einem Gemisch aus Wasserstoff und Azetondampf vor sich geht.

III. Wir haben kräftiges Beweismaterial zugunsten der Glimmlicht-Bogenlicht-Hypothese aus der Messung der maximalen Potentialdifferenz gewonnen, welche die Entladung während jedes Kreislaufes annimmt. Mit Hilfe einer geeichten Funkenstrecke fanden wir, daß dieses Maximum nicht über den für eine Glimmentladung charakteristischen Wert hinaus steigt. Wir haben eine neue Methode angewandt, um das Gas in der Umgebung der Funkenstrecke im Ionisationszustande zu erhalten.

Die Untersuchungen sollen fortgesetzt werden.

Scott-Laboratory of Physics, Wesleyan-University, Middletown, Conn., 3. Juni 1909.

(Aus dem Englischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 29. Juli 1909.)

Zur Kenntnis der Radioaktivität der gewöhnlichen Materie.

Von M. Levin und R. Ruer.

Die Frage, ob die Radioaktivität eine allgemeine Eigenschaft der Atome sei, wurde zuerst von Madame Curie[1]) experimentell untersucht. Madame Curie, welche eine große Anzahl gewöhnlicher und seltener Elemente untersuchte, fand außer dem Uran und Thor keinen einfachen Körper, dessen Aktivität größer war, als 1 Proz. der Aktivität des metallischen Urans.

Durch die Versuche von Campbell[2]), dem ein empfindlicheres Versuchsverfahren die Messung weit geringerer Aktivitäten gestattete, wurde es wahrscheinlich gemacht, daß es außer dem Uran und Thor, sowie ihren Familien, noch andere Elemente gibt, welche die Eigenschaft der Radioaktivität besitzen. Campbell kam zu dem Resultate, daß Kalium, Rubidium und Blei radioaktiv sind. Elster und Geitel[3]) wiesen jedoch nach, daß eine etwa 100 Jahre alte Bleiprobe keine merkliche Aktivität besaß, und es gelang ihnen, aus radioaktivem Blei einen Stoff zu isolieren, welcher offenbar mit

1) Madame Curie, Untersuchungen über die radioaktiven Substanzen, Braunschweig 1906, Seite 14 ff.

2) Jahrbuch der Radioaktivität **2**, 434, 1905.

3) J. Elster und H. Geitel, diese Zeitschrift **7**, 841, 1906; **8**, 273, 1907; H. Geitel, diese Zeitschr. **8**, 776, 1907.

dem Radium *F* identisch ist; das Blei verdankt daher seine Aktivität, in der Hauptsache wenigstens, einer Verunreinigung.

In einer früheren Mitteilung[1]) haben wir über Versuche berichtet, die Frage, ob das Kalium aktiv ist, mit Hilfe eines photographischen Versuchsverfahrens zu entscheiden. Wir haben diese Versuche über die Aktivität des Kaliums fortgesetzt und im wesentlichen nach dem in der früheren Arbeit beschriebenen Verfahren auch den größten Teil der übrigen chemischen Elemente auf ihre Radioaktivität untersucht.

Die benutzten 9 × 12 cm großen Platten von J. Hauff & Co., Feuerbach, waren derartig in schwarzes Papier eingewickelt, daß die lichtempfindliche Schicht mit nur einer Lage Papier überdeckt war. Auf diese wurden Messingbleche von 1 mm Dicke und 4 × 4 cm Fläche gelegt, aus deren Mitte ein Quadrat von etwa 1 cm Seitenlänge ausgeschnitten war. Auf die derartig ausgesparten Löcher wurden die zu untersuchenden Präparate, welche sich auf einem Stückchen Seidenpapier befanden, gelegt. Jede photographische Platte wurde mit 4—5 der Messingschablonen beschickt, von denen jedoch der Kontrolle wegen stets eine nicht mit einem Präparat belegt war. Mit jedem Präparat wurden mindestens 2 Parallelversuche angestellt. Im allgemeinen wurden von jedem Elemente mehrere Präparate verschiedener Herkunft benutzt. Die Einlegung und Aufbewahrung der Platten geschah im Dunkelzimmer. Die Expositionszeit betrug etwa ein halbes Jahr.

Bei längerer Expositionszeit ist auch der Zutritt sehr geringer Lichtmengen nicht ohne Einfluß auf die umhüllten Platten. Wir erreichten zufriedenstellende Resultate erst dann, als wir jede Platte in dem Pappkasten aufbewahrten, der zu ihrer Verpackung und Verschickung gedient hatte. Unter diesen Umständen ließen die Platten unter den nicht mit einem Präparate belegten Schablonen keine dem ausgesparten Quadrate entsprechende Schwärzung erkennen. Bei unseren Versuchen ergab sich demnach kein Unterschied zwischen der eventuellen Aktivität der Bestandteile des Messings und denen der atmosphärischen Luft. Die durch ein Präparat hervorgerufene Schwärzung wurde also auf die eventuelle Aktivität des Messings als Nullwert bezogen.

Die Nachteile dieses Versuchsverfahrens bestehen neben der langen Zeitdauer, welche die Versuche bei geringer Aktivität der zu untersuchenden Stoffe erfordern, vor allen Dingen darin, daß den Beobachtungen nur die β- und γ-Strahlen-Aktivität zugänglich ist, während die α-Strahlen durch das schwarze Papier verhindert werden, bis zur lichtempfindlichen Schicht zu dringen. Unsere Versuche können daher nur über solche Aktivitäten etwas aussagen, welche durch durchdringende Strahlen hervorgebracht werden. Nach unseren bisherigen Kenntnissen gibt es jedoch keine radioaktive Familie, welche nicht β-Strahlen aussendet. Weiterhin erlaubt das Versuchsverfahren nur eine annähernde Schätzung der Größe der beobachteten Aktivität.

Diesen Nachteilen gegenüber besitzt das Verfahren eine große Empfindlichkeit, weil gegenüber dem elektrischen Verfahren die photographische Methode ein sozusagen akkumulatives Verfahren darstellt. Ein Vorzug, der für unsere Zwecke besonders in Betracht kommt, besteht darin, daß man auch mit sehr kleinen Substanzmengen zuverlässige Resultate erhält, was besonders dann von Wert ist, wenn es sich, wie im vorliegenden Falle, auch um die Untersuchung seltener Elemente handelt. Schätzungsweise ist bei dem von uns angewandten Verfahren noch eine Aktivität nachweisbar, welche höchstens ein Millionstel der Aktivität der α-Strahlen des Urans beträgt.

In dem folgenden Bericht über unsere Beobachtungen sind die Elemente nach den Vertikalreihen des periodischen Systems geordnet.

1. Reihe.

Lithium, Natrium, Kupfer, Silber, Gold bzw. deren Salze brachten keine Schwärzung hervor; dagegen wirkten alle untersuchten Kaliumsalze auf die Platten ein. Das gleiche gilt von den beiden untersuchten Rubidiumsalzen (Nitrat und Chlorid). Von Cäsiumsalzen wurde nur ein von Kahlbaum bezogenes Nitrat untersucht. Dieses erwies sich als inaktiv. Ammoniumsalze zeigten keine Aktivität. Bekanntlich besitzt das Ammoniumamalgam[1]) die Fähigkeit, kurze Zeit nach seiner elektrolytischen Herstellung die Luft elektrisch leitend zu machen. Die Ammoniumsalze besitzen diese Eigenschaft nicht und wirken auch, wie erwähnt, auf die photographische Platte nicht ein.

Von Kaliumpräparaten hatten wir früher untersucht: Kalisalze, welche aus Melasse und Schlempe hergestellt waren, aus Wollschweiß gewonnene Pottasche, Staßfurter Chlorkalium und einige käufliche Kalisalze. Jetzt haben wir noch die folgenden Kaliumpräparate untersucht:

Ein Kaliumpräparat war aus Holzasche gewonnen, welche aus Südtirol stammte. Wir verdankten diese der Freundlichkeit des Herrn Professor Zsigmondy, Göttingen. Ein weiteres Präparat stammte aus Südrußland und war aus Sonnenblumenasche hergestellt. Wir ver-

1) Diese Zeitschr. **9**, 248, 1908.

1) A. Coehn, Göttinger Nachrichten 1906.

danken dieses Präparat der Güte des Herrn Petrenko, Kiew. Ferner wurde zu unseren Versuchen ein aus Chile stammendes Kaliumperchlorat verwandt, welches wir durch die Liebenswürdigkeit des Herrn Dr. Lipschütz, Hamburg erhielten. Weiterhin untersuchten wir ein käufliches Kaliumnitrat, sowie ein Präparat, welches durch achtmaliges Umkristallisieren aus diesem gewonnen war, und die Kristalle, welche durch Eindampfen der letzten Mutterlauge erhalten waren. Mit Rücksicht auf Versuche von Mc Lennan[1]), welcher an einigen Präparaten von Cyankali und Kaliumsulfit eine auffallend geringe Aktivität beobachtete, wurden auch diese Salze, die von Merck bezogen waren, untersucht, nachdem sie in Nitrat überführt waren. Alle diese Präparate zeigten eine Aktivität, die etwa ein Tausendstel der Aktivität der β-Strahlen des Uranoxyds beträgt. Die Rubidiumsalze hatten die Platten stets stärker geschwärzt als die Kaliumsalze.

Campbell war, wie erwähnt, zu der Auffassung gekommen, daß Kalium und Rubidium eine individuelle Aktivität besitzen. Im Gegensatz hierzu vertritt E. Ebler[2]) die Ansicht, daß die Radioaktivität der Alkalimetalle auf einer spurenhaften Verunreinigung durch ein sechstes, hochatomiges Alkalimetall beruhe, welches noch elektropositiver sei, als das Cäsium. Gegen Eblers Ansicht spricht der Umstand, daß die zahlreichen untersuchten Kaliumpräparate verschiedenster Provenienz und verschiedenster Behandlung sich alle als radioaktiv erwiesen und zwar, soweit unsere Methode eine quantitative Abschätzung gestattet, im gleichen Betrage, während das untersuchte Cäsiumnitrat ohne jede Einwirkung auf die Platte war.

Ebler gibt weiterhin an, daß das stark elektropositive radioaktive Alkalimetall eine Emanation abgibt, deren Lebensdauer fast genau so groß ist wie die der Emanation des Radiums. Wie bereits Campbell gezeigt hat, geben Kalium- und Rubidiumlösungen keine Emanation ab, und auch uns gelang es nicht, eine Emanation von längerer Lebensdauer bei dem Kalium oder Rubidium nachzuweisen.

2. Reihe.

Salze von Magnesium, Calcium, Strontium, Barium, Zink, Kadmium und Quecksilber waren ohne Einwirkung auf die Platte, dagegen wirkten die untersuchten Beryllpräparate auf die Platte ein. Es wurden zwei Beryllpräparate untersucht, die von Merck und Drossbach bezogen waren. Die Aktivität der Präparate war verschieden groß; in dem stärkeren ließ sich mit Hilfe der Emanationsprüfung Radium nachweisen. Falls dem Beryll eine spezifische Aktivität zuzuschreiben wäre, müßte sie auf jeden Fall außerordentlich gering sein; das Präparat, in dem Radium nachgewiesen werden konnte, zeigte nämlich eine Einwirkung auf die Platte von ungefähr der Stärke des Kaliums, während die durch das zweite Präparat hervorgerufene Wirkung höchstens den zehnten Teil davon betrug.

3. Reihe.

Bor, Aluminium, Yttrium, Indium, Thallium zeigten keine Einwirkung auf die Platten. Skandium, Ytterbium und Gallium standen uns nicht zur Verfügung. Von Lanthan wurden 2 Präparate photographisch untersucht; eins zeigte etwa die Stärke des Kaliums, das andere höchstens $^1/_{10}$ der Stärke des Kaliums. In diesen Präparaten ließ sich Radium nicht nachweisen. Sie wurden in der folgenden Weise auf einen Gehalt an Thorium untersucht.

Durch die Lösung wurde ein Luftstrom von konstanter Geschwindigkeit in ein Elektroskop mit zentraler Elektrode geleitet. Die Geschwindigkeit des Luftstroms war durch Versuche mit einem Thoriumpräparat so reguliert, daß das Optimum der Wirkung in dem Elektroskop erreicht wurde. Nach diesem Verfahren ließ sich bei den Lanthan-Präparaten das Vorhandensein einer schnell zerfallenden Emanation zeigen. Die Emanation war jedoch in so geringer Menge vorhanden, daß der Nachweis ihrer Identität mit der des Thoriums sich nicht exakt erbringen ließ. Es ließ sich nur zeigen, daß die Zerfallsperiode der Emanation dieselbe Größenordnung besitzt, wie die Zerfallsperiode der Thorium-Emanation.

4. Reihe.

Kohlenstoff zeigte weder in der Form von amorpher Kohle noch in der von Graphit eine Einwirkung. Ebensowenig war beim Silizium, Titan, Zirkon und Zinn ein Effekt zu bemerken. Der Güte des Herrn Professor Brunck, Freiberg i. Sa., verdankten wir die Möglichkeit, Präparate von Germaniumoxyd und von metallischem Germanium zu untersuchen. Beide ließen keine Einwirkung auf die Platte erkennen. Vier Cer-Präparate verschiedener Herkunft zeigten sehr verschiedene Aktivität, deren Größe schätzungsweise von der hundertfachen Stärke des Kaliums bis zu einer Stärke von $^1/_{10}$ des Kaliums schwankte. In den stärkeren Präparaten konnte mit Sicherheit Thorium-Emanation nachgewiesen werden. Der Emanationsgehalt der schwachen Präparate war genähert ihrer Aktivität proportional. Hiernach liegt kein Grund vor, dem Cer eine individuelle Aktivität zuzuschreiben.

1) McLennan, Nature **78**, 29. 1908.
2) S. d. Bericht über einen von Ebler gehaltenen Vortrag. Zeitschr. für angew. Chem. **21**, 2060, 1908.

Zu Versuchen über die Radioaktivität des Bleies konnten wir ein etwa 100 Jahre altes Blei verwenden, das uns Herr Professor Gerland, Clausthal, gütigst übersandte. Ferner wurde uns von Herrn Dr. Fieber[1]), Wien, eine Probe Blei freundlichst übermittelt, welches aus einer alten römischen, in Pompeji durch Ausgrabungen bloßgelegten Wasserleitung stammte. Sämtliche aus diesen alten Bleisorten hergestellten Präparate wirkten auf die photographische Platte nicht ein. Diese Versuche bestätigen also die von Elster und Geitel vertretene Auffassung, daß das Blei keine eigene Aktivität besitzt.

5. Reihe.

Phosphor, Vanadin, Arsen, Wismut zeigten keine Radioaktivität.

Das Verhalten des Antimons wurde an nur einem Präparate von Antimonsäure geprüft, welches eine deutliche Einwirkung auf die Platte erkennen ließ. In diesem Präparate konnte weder Radium noch Thorium nachgewiesen werden, dagegen wies es einen geringen Gehalt an Kalium auf. Wenn auch die durch das Antimon hervorgerufene Schwärzung erheblich geringer war, als die durch Kaliumsalze bewirkte, so können wir einstweilen nicht mit Sicherheit sagen, ob diese Einwirkung ausschließlich auf den Gehalt an Kaliumsalzen zurückzuführen ist, oder worauf sie sonst beruht.

Zwei von Merck bezogene Präparate von Niobsäure ließen verschieden starke Einwirkungen auf die Platte erkennen. Die Schwärzung war in jedem Falle erheblich geringer, als die durch Kaliumsalze hervorgerufene und betrug bei dem schwächsten Präparate höchstens $^1/_{10}$ der durch Kaliumsalze bewirkten.

Zwei von Merck bezogene Präparate von Tantalsäure zeigten ein ähnliches Verhalten wie die Niobpräparate; bei einem von Kahlbaum bezogenen Präparat ließ sich eine Einwirkung auf die Platte nicht mit Sicherheit konstatieren.

Für das Vorhandensein von Thorium in diesen Präparaten ergab sich kein Anhalt. Die Prüfung auf Radium ergab kein bestimmtes Resultat, was in Anbetracht der Schwäche der Präparate, die uns zudem nur in geringer Menge zur Verfügung standen, erklärlich ist. Falls Niob eine individuelle Aktivität aufweisen sollte, so kann sie nach obigem höchstens $^1/_{10}$ der Aktivität des Kaliums betragen. Beim Tantal müßte sie noch erheblich geringer sein.

Von der Gruppe der seltenen Erden erwies sich je ein Präparat von Erbium und Neodym als schwach (höchstens $^1/_{10}$ des Kaliums) aktiv; es konnte jedoch in ihnen eine schnellzerfallende Emanation — wahrscheinlich die des Thoriums — nachgewiesen werden. Je ein Präparat von Gadolinium, Samarium und Praseodymoxyd wirkten auf die Platte nicht ein.

6. Reihe.

Schwefel, Selen, Tellur wurden im elementaren Zustande untersucht und ergaben keine Einwirkung, ebenso erwiesen sich Präparate von Chrom, Molybdän und Wolfram als inaktiv.

7. Reihe.

Fluor, welches in Form seines Calciumsalzes untersucht wurde, war ohne Einwirkung auf die Platte. Das gleiche gilt von den anderen in Form ihrer Natriumsalze untersuchten Halogenen, die übrigens ja in Form ihrer Silbersalze den wesentlichen Bestandteil der lichtempfindlichen Schicht der photographischen Platte bilden. Manganpräparate erwiesen sich als inaktiv.

8. Reihe.

Eisen, Nickel, Kobalt gaben keine Einwirkung auf die Platte. Von den Platinmetallen haben wir Platin, Palladium, Iridium und Rhodium untersucht. Metallproben der beiden letzteren Elemente verdanken wir der Firma W. C. Heraeus. Von diesen zeigte kein Metall eine Einwirkung auf die Platte. Bei Versuchen, bei denen wir Osmium und Ruthenium in Pulverform verwandten, ergab sich ein offenbar nicht auf Strahlenwirkung, sondern chemischem Einfluß, beruhender Angriff der Platten. Die beiden letzten Metalle standen uns weder in metallisch kompakter Form noch als Bestandteile einer geeigneten chemischen Verbindung zur Verfügung.

Dem Verbande für die wissenschaftliche Erforschung der deutschen Kalisalzlagerstätten sind wir für die Überlassung von Mitteln zur Ausführung unserer Versuche zu Dank verpflichtet.

Göttingen, Institut für physikalische Chemie, 29. Juli 1909.

(Eingegangen 29. Juli 1909.)

1) R. Fieber, Chem.-Ztg. 1908, S. 149.

Über Röntgenstrahlen und die atomistische Konstitution der Strahlung.

Von J. Stark.

§ 1. Fluoreszenz im Spektrum der Röntgenstrahlen.

Immer mehr gewinnt die Ansicht an Boden, daß die Röntgenstrahlen nicht im Prinzip, sondern nur in der Länge der Welle verschieden sind von den Lichtstrahlen im Gebiete

$\lambda = 1 \cdot 10^{-8} - 1 \cdot 10^{-5}$ cm. Auf Grund dieser prinzipiellen Gleichheit erheben sich folgende Fragen. Besitzen materielle Körper im Spektrum der Röntgenstrahlen ($\lambda = 1 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-9}$ cm) Eigenfrequenzen in Emission und Absorption? Zeigen diese Eigenfrequenzen das Verhalten der Frequenzen eines Banden- oder Linienspektrums?

Die Antwort auf die vorstehenden Fragen kann nur durch die Erfahrung gegeben werden. Verschiedene Experimentatoren[1]) haben Fälle von selektiver Absorption von Röntgenstrahlen aufgefunden; Barkla[2]) hat entdeckt, daß in vielen Fällen die selektive Absorption von Röntgenstrahlen mit der Emission einer intensiven sekundären Röntgenstrahlung durch den absorbierenden Körper verknüpft ist, welche er zum Unterschied von der „zerstreuten" Röntgenstrahlung „homogen" genannt hat. Ich möchte zunächst darauf hinweisen, daß Barklas homogene Röntgenstrahlung in ihrer Entstehung und ihren Eigenschaften ganz analog ist der Fluoreszenz im Bandenspektrum eines Körpers oberhalb $\lambda = 1 \cdot 10^{-5}$ cm. Dies ist aus der nachstehenden Tabelle unmittelbar zu ersehen.

Lichtstrahlung $\lambda = 1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-5}$ cm	Röntgenstrahlung $\lambda = 1 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-9}$ cm
1. Selektive Absorption in kurzwelligen[3]) Banden bewirkt Fluoreszenz in diesen Banden und in den zugeordneten langwelligen Banden.	1. Selektive Absorption bewirkt selektive Emission intensiver homogener Röntgenstrahlen.
2. Das Fluoreszenzlicht ist in dem emittierenden Körper weniger absorbierbar als das intensive Fluoreszenz erregende Licht.	2. Die selektive Röntgenstrahlung ist in dem sie emittierenden Körper weniger absorbierbar als die erregende primäre Strahlung.
3. Das Maximum der Fluoreszenzintensität liegt bei größeren Wellenlängen als das Maximum der Absorption[4]).	3. Die selektive Röntgenstrahlung, geprüft an Körpern von kleinem Atomgewicht, ist stärker absorbierbar, hat also größere Wellenlänge als die primäre Strahlung.
4. Das Fluoreszenzlicht nichtkristallisierter Körper ist unpolarisiert, auch wenn das erregende Licht polarisiert ist.	4. Die selektive Röntgenstrahlung ist unpolarisiert, auch wenn die erregende primäre Strahlung polarisiert ist.
5. Das Fluoreszenzlicht wird nach allen Richtungen gleichmäßig emittiert, nicht so das zerstreute Licht.	5. Die selektive Röntgenstrahlung wird nach allen Richtungen gleichmäßig emittiert, nicht so die zerstreute Strahlung.
6. Die Absorption in einem Bandenspektrum, welche Fluoreszenz bewirkt, ist begleitet von Ionisierung (lichtelektrischer Effekt) des absorbierenden Körpers[5]).	6. Die selektive Röntgenstrahlung ist proportional der Ionisierung des absorbierenden Körpers durch die primäre Strahlung[6]).

Auf Grund der vorstehenden Erfahrungen dürfen wir es als ziemlich sicher erwiesen halten, daß die chemischen Elemente im Spektrum der Röntgenstrahlen Eigenfrequenzen besitzen, in denen die Absorption primärer Röntgenstrahlen die Emission negativer Elektronen (Kathodenstrahlen) und die Emission einer intensiven selektiven sekundären Röntgenstrahlung kleinerer Frequenz zur Folge hat.

1) J. M. Adams, Phil. Mag. **13**, 576, 1907; H. Haga, Ann. d. Phys. **23**, 445, 1907; Ch. G. Barkla, Jahrb. d. Rad. u. El. **5**, 246, 1908; G. W. C. Kaye, Proc. Cambr. Soc. **14**, 236, 1908.

2) Ch. G. Barkla, Jahrb. d. Rad. u. El. **5**, 246, 1908.

3) J. Stark, diese Zeitschr. **9**, 92, 1908; J. Stark u. W. Steubing, diese Zeitschr. **9**, 481, 1908.

4) E. L. Nichols, Jahrb. d. Rad. u. El. **2**, 149, 1905.

5) J. Stark, diese Zeitschr. **8**, 81, 1907; **9**, 92, 1908; J. Stark u. W. Steubing, diese Zeitschr. **9**, 481, 1908.

6) Ch. G. Barkla, Jahrb. d. Rad. u. El. **5**, 300, 1908.

Es ist vielleicht nicht ganz ohne Interesse, auf das vorstehende Resultat der Erfahrung die Theorie[1]) anzuwenden, welche ich über das Bandenspektrum derjenigen abtrennbaren Elektronen (Valenzelektronen) skizziert habe, welche an der Oberfläche der chemischen Atome liegen und im Zusammenwirken mit ausgedehnten positiven Sphären die chemische Valenz bedingen. Ist V die Arbeit bei der Abtrennung eines Elektrons, so ist nach jener Theorie die kleinste Wellenlänge, welche bei der Wiederanlagerung emittiert werden kann, $\lambda \geqq \frac{h \cdot c}{V}$, wo $h = 6{,}55 \cdot 10^{-27}$ erg · sec, $c = 3 \cdot 10^{10}$ cm · sec^{-1} ist. Für die an der Atomoberfläche liegenden abtrennbaren Elektronen (Valenzelektronen) ist die Abtrennungsarbeit $V <$ Elementarquantum $\times$ 100 Volt $= \frac{4{,}69}{3} \cdot 10^{-10} = 1{,}56 \cdot 10^{-10}$ erg, also $\lambda > 1 \cdot 10^{-6}$ cm. Da die Wellenlänge der oben charakterisierten Eigenfrequenzen im Spektrum der Röntgenstrahlen von der Ordnung 10^{-8} cm ist, so berechnet sich für die Abtrennungsarbeit ihrer Elektronen ($e = 4{,}69 \cdot 10^{-10}$ cm$^{3/2}$ g$^{1/2}$ sec^{-1}) der Wert 4000 Volt. Wir müssen darum folgern, daß die chemischen Atome außer den abtrennbaren negativen Elektronen an ihrer Oberfläche (Valenzelektronen) noch weitere abtrennbare negative Elektronen enthalten; diese dürften in ihrem Innern[2]) sitzen und erfordern deshalb, weil sie rings von positiven Sphären umgeben sind, eine größere Abtrennungsarbeit als die Valenzelektronen. Da jene im Innern der Atome sitzenden abtrennbaren Elektronen sich nicht am Zusammenbau verschiedener Atome zu Molekülen beteiligen, so werden ihre Frequenzen durch chemische Verbindung der Atome nicht geändert, während die Bandenspektra der an der Atomoberfläche liegenden Valenz-

1) J. Stark, diese Zeitschr. **9**, 85, 1907.

2) Vgl. J. Stark, diese Zeitschr. **8**, 881, 1907; Jahrb. d. Rad. u. El. **5**, 153, 1908.

elektronen durch chemische Verbindung verschoben werden.

In dem vorstehenden Abschnitt wird die Existenz von Eigenfrequenzen im Röntgenstrahlenspektrum festgestellt, welche sich verhalten wie Frequenzen des Bandenspektrums. Ob in diesem spektralen Gebiete auch Frequenzen von der Art des Linienspektrums vorkommen, bleibt eine offene Frage.

§ 2. Emission von Röntgenstrahlen durch den Stoß von Kathodenstrahlen.

Die Erfahrung lehrt, daß der Zusammenstoß schneller Kathodenstrahlen mit chemischen Atomen die Emission von Röntgenstrahlen zur Folge hat. Diese Erfahrung wird in der Regel durch die Hypothese erklärt, daß das einzelne Kathodenstrahl-Elektron bei seinem Zusammenstoß mit einem Atom eine Beschleunigung erfährt und dabei einen Teil seiner kinetischen Energie in Form von oszillatorischer elektromagnetischer Energie ausstrahlt. Die Beschleunigungsdauer wird hierbei in der Regel nicht in Zusammenhang gebracht mit einer spezifischen Eigenschaft des Atoms. Erst in neuerer Zeit hat C. H. Wind[1]) die speziellere Hypothese aufgestellt, daß die Beschleunigungsdauer gegeben werde durch die Zeit, welche ein Kathodenstrahl von gegebener Geschwindigkeit brauche, um ein Atom von gegebenem Durchmesser zu durchlaufen.

Es ist zweifellos richtig, daß direkt durch die Beschleunigung des primären Kathodenstrahles beim Zusammenstoß mit einem chemischen Atom Röntgenstrahlung emittiert werden kann, und zwar muß diese Röntgenstrahlung in bezug auf die Ebene durch die Richtung des primären Kathodenstrahls und die Richtung der Fortpflanzung der Röntgenstrahlung polarisiert sein. Aber die obige Vorstellung über die Entstehung der Röntgenstrahlen ist ebenso zweifellos zu eng. Nachdem die selektive Absorption der Röntgenstrahlen durch chemische Elemente festgestellt ist, haben wir noch eine weitere Möglichkeit ihrer Entstehung anzunehmen.

Wir beobachten, daß in dem spektralen Gebiet $\lambda = 1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-5}$ cm der Stoß von Kathodenstrahlen auf chemische Atome die Emission von Strahlung sowohl in einer Frequenz des Linien- als des Bandenspektrums zur Folge haben kann. Hierbei übernimmt das negative Elektron, welches das Zentrum der Linien- oder der Bandenfrequenz ist, im Stoße von dem Kathodenstrahl Energie und gibt sie darauf in Form von Strahlung in einer ihm eigentümlichen Frequenz wieder ab, so z. B. bei der Wiederanlagerung an seine Bindungsstelle, wenn es durch den Stoß von ihr fortgedrängt oder abgetrennt war. Dieser Vorgang der Emission von Energie in Eigenfrequenzen eines Elementes infolge des Stoßes von Kathodenstrahlen muß auch im Gebiete der Röntgenstrahlen statthaben. Wir haben also die Möglichkeit zuzulassen, daß von der Antikathode einer Röntgenröhre Röntgenstrahlen ausgehen, welche nicht direkt bei der Beschleunigung der primären Kathodenstrahlen erzeugt sind, sondern von Elektronen aus dem Innern der chemischen Atome der Antikathode kommen; der aus der Antikathode austretende Teil ihrer „Eigenstrahlung" ist, wie zu erwarten ist und Kaye[1]) festgestellt hat, für das Material der Antikathode wenig absorbierbar. Ferner ist zu erwarten, daß die Eigenstrahlung einer Antikathode nicht polarisiert ist; in der Tat hat Barkla[2]) gefunden, daß die Polarisation der primären Röntgenstrahlen um so schwächer ist, je mehr sie den Charakter der „homogenen" Strahlen des Metalles der Antikathode haben, und die Tatsache[3]), daß Kohle als Antikathode ausgeprägte Polarisation der primären Röntgenstrahlen liefert, ist dahin zu deuten, daß Kohle in dem beobachteten Gebiete keine oder nur schwache Eigenstrahlung besitzt.

§ 3. Freie Zeitlänge der Röntgenstrahlung.

Durch die Feststellung der selektiven Emission und Absorption der chemischen Atome im Gebiete der Röntgenstrahlen hat die Ansicht eine neue Stütze erhalten, daß die Röntgenstrahlung oszillatorische elektromagnetische Energie ist, welche sich im leeren Raum mit der Geschwindigkeit $c = 3 \cdot 10^{10}\,\mathrm{cm \cdot sec^{-1}}$ fortpflanzt. Direkt oder indirekt auf dem Umweg über Elektronen chemischer Atome stammt die Energie der Röntgenstrahlung von der kinetischen Energie der primären Kathodenstrahlen. Nun besitzen diese eine atomistische Konstitution; die Zahl der Teilchen in der Volumeneinheit des Kathodenstrahlenbündels ist klein, verglichen mit der spez. Zahl der Atome in der Antikathode, ihre Beschleunigung vor der Kathode beginnt unabhängig voneinander zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten. Darum erfolgen die Zusammenstöße der Kathodenstrahlen mit Atomen der Antikathode unabhängig voneinander und zeitlich ungeordnet.

Nun wollen wir annehmen, daß die Emission der Röntgenstrahlen dem Lichtquantengesetz folgt, daß also, wenn infolge der Beschleunigung eines Elektrons in der Frequenz n Energie ausgestrahlt wird, diese mindestens den Betrag

1) C. H. Wind, Proc. Amsterdam Ak. 1907, S. 714.

1) G. W. C. Kaye, Proc. Roy. Soc. **81**, 337, 1908.
2) Ch. G. Barkla, Jahrb. d. Rad. u. El. **5**, 271, 1908.
3) J. Herweg, Ann. d. Phys. **29**, 398, 1909.

$6{,}55 \cdot 10^{-27}\ n$ erg hat. Durch diese Annahme wird die Zahl derjenigen Zusammenstöße beschränkt, welche Beschleunigungen von Elektronen direkt oder indirekt bewirken, die mit Ausstrahlung verknüpft sind und deren Dauer von der Ordnung der Periode der Röntgenstrahlen ($T = 3{,}3 \cdot 10^{-19}$ sec) ist. Da es sich im folgenden lediglich um die Größenordnung handelt, sei die nachstehende Rechnung für die mittlere Periode $T = 3 \cdot 10^{-19}$ sec oder die mittlere Wellenlänge $\lambda = 1 \cdot 10^{-8}$ cm durchgeführt.

Eine Röntgenröhre werde mit dem konstanten Strom einer Influenzmaschine betrieben, die Stromstärke der in die Antikathode eintretenden Kathodenstrahlen sei $3 \cdot 10^{-4}$ Ampere; die mittlere Zeitlänge zwischen zwei aufeinanderfolgenden Eintritten zweier Kathodenstrahlteilchen ist dann $5{,}2 \cdot 10^{-16}$ sec, die Gesamtzahl der eintretenden Teilchen $N_k = 1{,}9 \cdot 10^{15}$ sec^{-1}; bei 30000 Volt Kathodenfall führt jedes das Quantum $4{,}69 \cdot 10^{-8}$ erg kinetischer Energie mit sich. Das Quantum Lichtenergie von der Wellenlänge $1 \cdot 10^{-8}$ cm beträgt $2 \cdot 10^{-8}$ erg. Im günstigsten Fall könnten darum pro Kathodenstrahlteilchen nur zwei Zusammenstöße vorkommen, welche direkt oder indirekt die Emission eines Röntgenstrahlquantums von der Frequenz $3 \cdot 10^{18}$ sec^{-1} haben; die Zahl der Röntgenstrahlquanten, welche in der Zeiteinheit emittiert werden, kann deshalb im günstigsten Fall nur $2 \cdot 1{,}9 \cdot 10^{15}$ sec^{-1} sein. Die mittlere freie Zeitlänge t_m der Röntgenstrahlen ist darum in Wirklichkeit beträchtlich größer als $3 \cdot 10^{-16}$ sec. Nach den Beobachtungen von W. Wien[1], Angerer[2] und E. Carter[3] über die Energie der Röntgenstrahlung im Verhältnis zur Energie der erzeugenden Kathodenstrahlung dürfen wir setzen $t_m > 3 \cdot 10^{-14}$ sec.

Der Vergleich der Periode $T = 3 \cdot 10^{-10}$ sec eines Röntgenstrahlquantums mit der mittleren freien Zeitlänge $t_m > 3 \cdot 10^{-14}$ sec ergibt, daß in dem angenommenen Falle die Wahrscheinlichkeit der Übereinanderlagerung der Emissionszeiten zweier oder mehrerer Röntgenstrahlquanten sehr klein ist. Eine stärkere Kathodenstrahlung als in dem angenommenen Falle dürfte nur in wenigen Röntgenröhren vorkommen. Wir gelangen demnach auf Grund der Lichtquantenhypothese zu der nachstehenden wichtigen Folgerung. **Die mittlere freie Zeitlänge der Röntgenstrahlung ist sehr groß verglichen mit der Periode eines Röntgenstrahlquantums; die Emission von Röntgenstrahlquanten erfolgt in ungeordneter zeitlicher Schwankung; der Fall der zeitlichen Koinzidenz der Emission mehrerer Röntgenstrahlquanten ist sehr selten verglichen mit dem Fall der Emission eines einzelnen Quantums.**

Nach den hier vertretenen Ansichten ist die Strahlung eines Körpers im Gebiete $\lambda = 1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-5}$ cm prinzipiell insofern dasselbe, wie die Röntgenstrahlung einer Antikathode im Gebiete $\lambda = 1 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-9}$ cm, als in beiden Fällen die elektrische und magnetische Feldstärke mit der Geschwindigkeit $c = 3 \cdot 10^{10}$ cm $\cdot$ sec^{-1} im Vakuum durch dieselben Differentialgleichungen verknüpft sind. Hinsichtlich der zeitlichen Schwankung der Strahlung ist indes zwischen den zwei Fällen von Strahlung folgender wichtige Unterschied vorhanden. Bei den Strahlungsintensitäten, die wir im Gebiete $\lambda = 1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-5}$ cm gemäß der Empfindlichkeit unserer Instrumente praktisch beobachten können, erfolgt die Emission von Lichtquanten in den meisten Fällen gleichzeitig von vielen beschleunigten Elektronen aus und die Abstände der Emissionszentren sind kleiner als die Wellenlängen. Es resultiert darum eine **raumzeitliche Superposition sehr vieler Strahlungsquanten.** Die Emission und raumzeitliche Ausbreitung der einzelnen Strahlungsquanten erfolgt nicht unabhängig voneinander, sondern ordnet sich zu einem Komplex von gewissen geordneten Eigenschaften. Bei der praktisch realisierbaren Röntgenstrahlung im Gebiete $\lambda = 1 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-9}$ cm treten dagegen in zeitlich ungeordneter Schwankung **einzelne Strahlungsquanten in Funktion**; die Bildung von geordneten Strahlungskomplexen aus vielen einzelnen Quanten ist äußerst selten. Die große Energiemenge, welche das einzelne Röntgenquantum gemäß seiner großen Frequenz mit sich führt, macht es möglich, mit unseren Methoden bereits wenige Röntgenquanten in der Summe ihrer Wirkungen experimentell zu fassen, während das experimentelle Operieren mit einzelnen Lichtquanten im Gebiete $\lambda = 1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-5}$ cm vorderhand wegen der Kleinheit ihrer Energiemenge unmöglich ist.

§ 4. Volumen eines Strahlungsquantums.

Die Lichtquantenhypothese wurde von mir in früheren Abhandlungen lediglich auf den Energieumsatz an den negativen Elektronen angewendet; wo ich sie an der Erfahrung prüfte, fand ich sie in Übereinstimmung mit ihr und konnte sie als wirksames heuristisches Hilfsmittel anwenden. Für diese Zwecke brauchte ich „nicht eine diskontinuierliche Struktur der im Äther mit Lichtgeschwindigkeit strömenden Strahlungsenergie zu postulieren", sondern ich konnte mich darauf beschränken[1]), „in dem Vorgang, welchen das

1) W. Wien, Ann. d. Phys. **18**, 991, 1905.
2) E. Angerer, Ann. d. Phys. **21**, 87, 1906.
3) E. Carter, Ann. d. Phys **21**, 955, 1906.

*1) Wenn ich hier weiter gehe und für die elektromagnetische Strahlungsenergie diskontinuierliche Struktur folgere,

Elementargesetz regelt, eine spezifische Wirkungsweise der elektromagnetischen Resonatoren zu sehen." A. Einstein[1]) ist in der theoretischen Deutung der Lichtquantenhypothese noch weiter als ich gegangen und hat auf Grund einer an das Plancksche Verteilungsgesetz anschließenden Diskussion die Ansicht geäußert, daß die von den Resonatoren losgelöste elektromagnetische Strahlung selbst atomistisch konstituiert sei, „aus voneinander unabhängig beweglichen, punktförmigen Quanten" bestehe. Auf Grund der Anwendung der Lichtquantenhypothese auf die Erfahrungen über die Röntgenstrahlen komme ich auf einem anderen Wege als Einstein, der vielleicht übersichtlicher und kürzer ist, zu derselben Folgerung wie Einstein. Ich finde im folgenden, daß die Konsequenz der atomistischen Konstitution der Strahlung dann unabweisbar ist, wenn der Umsatz der Energie an den einzelnen Resonatoren (Elektronen) dem Lichtquantengesetz folgt.

Die Erfahrung lehrt, daß durch Absorption von Röntgenstrahlen negativen Elektronen eines Körpers eine Geschwindigkeit erteilt werden kann, welche von der Ordnung der Geschwindigkeit der primären Kathodenstrahlen ist, welche die Röntgenstrahlen erzeugen; das Quantum der Energie des einzelnen sekundären Kathodenstrahls ist also von der Ordnung des erzeugenden Röntgenstrahlquantums $h\nu$. Da die Emission der Röntgenstrahlquanten einzeln unabhängig voneinander in Zeiträumen erfolgt, welche sehr groß sind verglichen mit der Periode des einzelnen Quantums und der Emissionsdauer des absorbierenden Elektrons, und da dieses, wenn es in der Frequenz ν überhaupt Energie aufnimmt, mindestens den Betrag $h\nu$ an sich zieht, so muß die Emission eines negativen Elektrons durch Absorption von Röntgenstrahlung immer den größten Teil eines einzelnen Röntgenquantums konsumieren; sie kann nicht resultieren aus der räumlichen oder zeitlichen Addition von Bruchteilen vieler einzelner Röntgenquanten. Nun beobachten wir die Emission sekundärer Kathodenstrahlen selbst in Abständen von der Antikathode einer Röntgenröhre, welche größer sind als 10^2 cm, also mehr denn 10^{10}mal größer als die Wellenlänge des Röntgenquantums. Da die Energie des Röntgenquantums in das elektromagnetische Feld des absorbierenden Elektrons während einer Zeit einströmt, welche von der Ordnung der Periode T des Röntgenquantums ist, so muß die lineare Dimension des Volumens, welches mit der oszillatorischen Energie des Röntgenquantums erfüllt ist, von der Ordnung cT, also von der Ordnung der Wellenlänge λ sein; sie kann nicht, wie gewöhnlich angenommen wird, das Volumen $4\pi r^2\lambda$ erfüllen, wo r der Abstand zwischen dem Ort der Emission und dem Ort der Absorption ist.

Es liegt auf der Hand, daß die vorstehende Folgerung allgemein von dem einzelnen Quantum $h\nu$ elektromagnetischer Strahlung gilt. Aus der Annahme also, daß der Energieumsatz an den einzelnen Resonatoren dem Lichtquantengesetz folgt, läßt sich auf Grund von Resultaten der Erfahrung schließen, daß das einzelne Energiequantum elektromagnetischer Strahlung von der Frequenz ν, wenn es mit der Geschwindigkeit $c = 3 \cdot 10^{10}$ cm $\cdot$ sec^{-1} im Vakuum sich bewegt, auf ein Volumen konzentriert bleibt, dessen lineare Ausdehnung von der Ordnung $\frac{c}{\nu}$, also von derjenigen der „Wellenlänge $\lambda = \frac{c}{\nu}$" ist. Anhäufung oszillatorischer elektromagnetischer Energie von der Frequenz ν in einem Volumen größer als λ^3 heißt räumliche Zusammenlagerung einzelner Strahlungsquanten von der Größe $h\nu$; oszillatorische elektromagnetische Energie von der Frequenz ν kann experimentell nur bis zu dem Betrag des Elementarquantums $h\nu$ unterteilt werden.

Das Verhältnis der Wellenlänge eines Strahlungsquantums zum mittleren Abstand der Moleküle in einem materiellen Körper ist wichtig für den Vorgang der Fortpflanzung des Quantums. Nehmen wir als Größenordnung für den mittleren Abstand der Moleküle in einem materiellen Körper den Wert 10^{-7} cm, so umfaßt das Volumen eines Strahlungsquantums bis zur Wellenlänge 10^{-6} cm eine Molekülzahl von der Ordnung 10^3. Ungefähr bis zur Wellenlänge 10^{-6} cm können darum materielle Körper gegenüber einem einzelnen Strahlungsquantum als kontinuierliche Medien wirken, ihm eine für sie charakteristische Fortpflanzungsgeschwindigkeit aufzwingen, an einer Grenzfläche gesetzmäßig die Richtung der Fortpflanzung (Reflexion, Brechung, Beugung) ändern. Unterhalb der Wellenlängen 10^{-6} cm, also im Gebiete der Röntgenstrahlen, vermögen dagegen die materiellen Körper gegenüber dem einzelnen Strahlungsquantum keine Kontinuums-Eigenschaften mehr zu entwickeln; hier wird das einzelne Quantum durch einzelne Elektronen unregelmäßig aus seiner Bewegungsrichtung abgelenkt; die Erscheinung der regelmäßigen

so gebe ich damit die Ansicht nicht auf, daß in dem Vorgang, welchen das Elementargesetz regelt, eine spezifische Konstitution der negativen Elektronen sich betätigt. Der Grund, warum die von einem Elektron ausgestrahlte Energie im Minimum den Betrag $h\nu$ hat und auf ein endliches Volumen konzentriert bleibt, ist eben gerade, wie ich vermute, in der spezifischen Konstitution des Elektrons, d. h. in der raumzeitlichen Anordnung der elektromagnetischen Energie an dem negativen Elektron zu suchen.

1) A. Einstein, diese Zeitschr. 10, 185, 1909.

Reflexion, Brechung und Beugung wäre hier nur für dichte Strahlungskomplexe zu erwarten; diese lassen sich aber unterhalb $\lambda = 10^{-6}$ cm kaum realisieren.

§ 5. Vergleich der Lichtquanten- und Ätherwellenhypothese.

Die Hypothese von der atomistischen Konstitution der elektromagnetischen Strahlungsenergie erscheint zunächst so fremdartig, scheint so sehr der altbewährten Undulationstheorie des Lichtes zu widersprechen, daß man geneigt sein kann, sie von vornherein ohne nähere Prüfung abzulehnen. Auch der schärfer Urteilende wird sie wegen ihrer weittragenden theoretischen Bedeutung mit großer Zurückhaltung aufnehmen.

Solange wir uns jedoch des hypothetischen Charakters der Lichtquantenhypothese bewußt bleiben und bei der Verfolgung ihrer Konsequenzen den hypothetischen Ausgangspunkt nicht vergessen, kann sie keinen Schaden und keine Verwirrung verursachen. Ihre große theoretische Bedeutung und ihr in vielen Fällen bereits bewährtes systematisches und heuristisches Vermögen zwingt uns andererseits, ihr weiter nachzugehen; hierbei dürfte es allerdings geraten sein, den Kampf zwischen der Lichtquantenhypothese und den ihr widersprechenden alten Anschauungen möglichst früh aus der Sphäre der Spekulation und der theoretischen Diskussion auf den Boden des Experiments hinüberzuspielen.

Die Strahlung, welche ein Körper im Gebiete $\lambda = 1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-5}$ cm aussendet, zeigt das Verhalten von Wellenflächen elektromagnetischer Energie, welche nach allen Seiten rings um den strahlenden Körper sich ausbreiten; aus der Deformation dieser Wellenflächen an der Grenze zweier Medien von verschiedener Fortpflanzungsgeschwindigkeit resultieren die Erscheinungen der Reflexion, Brechung und Beugung, aus der Spaltung und Wiedervereinigung eines Strahlenbündels der Wellenflächen die Erscheinungen der Interferenz. Diese Erfahrung des Auftretens von Wellenflächen, welche für die Mittel unserer Beobachtung gleichmäßig in einen Raumwinkel divergieren, haben wir in Zusammenhang zu bringen mit unserer Erfahrung von der atomistischen Struktur der materiellen Körper. Gemäß dieser Erfahrung haben wir in den der Beobachtung zugänglichen Fällen im Gebiete $\lambda = 1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-5}$ cm anzunehmen, daß in dem emittierenden Körper gleichzeitig sehr viele Elektronen Strahlung emittieren und sich dabei in Abständen befinden, welche klein sind verglichen mit der Wellenlänge, und daß aus der raumzeitlichen Superposition der von den einzelnen Zentren ausgehenden Strahlungen ein Strahlungskomplex mit ausgedehnten Wellenflächen resultiert, dessen Ordnungseigenschaften vor allem in den Interferenzerscheinungen zum Ausdruck kommt.

Soweit die Erfahrung. Über die Strahlung der einzelnen Elektronen selbst kann man nun zwei Hypothesen machen. Erstens kann man annehmen (Lichtquantenhypothese), daß die von einem einzelnen Elektron ausgehende Gesamtstrahlung einer Frequenz n mindestens den Wert hn hat, auf ein Volumen von der Ordnung $\left(\frac{c}{n}\right)^3$ konzentriert bleibt und sich nur in einer ausgezeichneten Richtung fortbewegt. Indem der materielle Körper gleichzeitig sehr viele solche Lichtquanten nach divergierenden Richtungen emittiert, treten sie in Wechselwirkung und ordnen sich so an, daß ihre raumzeitliche Aneinanderreihung ausgedehnte Wellenflächen liefert, welche sich nach allen Richtungen im Raum ausbreiten und welche die Erscheinungen der Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz liefern.

Zweitens kann man in der bisher üblichen Weise von den geometrischen Eigenschaften des Strahlungskomplexes einer großen Anzahl von Emissionszentren auf die Konstitution der Strahlung eines einzelnen Zentrums extrapolieren und von der Hypothese (ich nenne sie „Ätherwellenhypothese") ausgehen, daß die Strahlung auch von den einzelnen Elektronen nach allen Richtungen im Raume sich fortpflanzt, und kann damit, wie es üblich ist, die Hypothese kombinieren, daß ein kontinuierliches Medium (Äther), welches das Elektron umgibt, der Träger des oszillatorischen elektromagnetischen Strahlungszustandes ist. Aus der raumzeitlichen Superposition dieser Elementarwellen lassen sich wieder die der Beobachtung zugänglichen Wellenflächen des Strahlungskomplexes gewinnen.

Wie man sieht, leistet zur Erklärung der Wellenflächen, welche von einem Aggregat sehr zahlreicher gleichzeitig emittierender Emissionszentren ausgehen und mit denen wir unsere Beobachtungen von Durchschnittswerten darstellen, die Ätherwellenhypothese nicht mehr als die Lichtquantenhypothese. Man darf sich natürlich nicht dem Irrtum hingeben, daß die Ätherwellenhypothese deshalb wahrscheinlicher sei, weil sie eine direkte Extrapolation aus einer wohlbegründeten Erfahrung ist. Sie kann ebenso falsch sein wie folgende Extrapolation: die mit einem Elektrometer nachweisbaren Elektrizitätsmengen können beliebig geteilt werden, also kann eine Elektrizitätsmenge einen beliebig kleinen Betrag annehmen.

Der Unterschied zwischen den Behauptungen und Konsequenzen der zwei Hypothesen tritt erst bei dem Energieumsatz an einzelnen Elektronen und bei sehr dünner elektromagnetischer Strahlung zutage. Nach der Ätherhypothese nimmt die Dichte der Strahlungsenergie in einer sich ausbreitenden Wellenfläche umge-

kehrt proportional dem Quadrat des Abstandes vom Divergenzzentrum bis zu beliebig kleinen Werten ab. Nach der Quantenhypothese gilt diese Beziehung für eine Frequenz nur so lange, als das Verhältnis des Volumens zwischen zwei aufeinanderfolgenden Wellenflächen gleicher Phase zur Gesamtzahl der in ihm enthaltenen Lichtquanten klein ist verglichen mit $\left(\frac{c}{n}\right)^3$; wird es größer als $\left(\frac{c}{n}\right)^3$, so löst sich die elektromagnetische Energie der Wellenfläche auf in einzelne getrennt und unabhängig voneinander sich fortpflanzende Quanten von konstantem Volumen.

Nach der Ätherwellenhypothese gehen auch von den zeitlich vereinzelt strahlenden Emissionszentren in der Antikathode einer Röntgenröhre Wellenflächen nach allen Richtungen im Raume aus. Nach der Quantenhypothese emittiert indes die Antikathode einer Röntgenröhre keine Wellenflächen [1]), sondern nur einzelne Quanten von konstantem Volumen nach einzelnen Richtungen. Beobachtet man darum gleichzeitig die Emission von Röntgenstrahlen in zwei voneinander verschiedenen Richtungen und hat man die Versuchsanordnung so gewählt, daß die beobachtenden Instrumente der zwei Richtungen den zeitlichen Schwankungen der Strahlung zu folgen vermögen, so müssen nach der Ätherhypothese die zeitlichen Schwankungen der Röntgenstrahlen in den zwei Richtungen synchron verlaufen, nach der Quantenhypothese dagegen müssen sie unabhängig voneinander sein. Die große Energiemenge, welche ein einzelnes Röntgenquantum mit sich führt, dürfte es ermöglichen, das Prinzip der vorstehenden Methode in der einen oder anderen Form zu realisieren und eine experimentelle Entscheidung zwischen der Ätherwellen- und der Quantenhypothese zu treffen.

Nach der Ätherwellenhypothese kann die von einem Elektron ausgestrahlte oder absorbierte Energiemenge und somit die Amplitude der Beschleunigung eines Elektrons beliebig klein sein. Nach der Quantenhypothese muß die ausgestrahlte oder absorbierte Energiemenge in einer Frequenz n mindestens gleich hn sein.

1) Über die Beugung der Röntgenstrahlen sei hier folgendes bemerkt. Nach den oben entwickelten Anschauungen kann ein Röntgenquantum durch die Elektronen einer scharfen Körperkante wohl eine Ablenkung (sekundäre Röntgenstrahlung) erfahren. Läßt man indes die Röntgenquanten durch einen langen Kanal mit absorbierenden Wänden laufen, so gelangen durch diesen nur die Quanten, welche parallel den Wänden laufen, und treten aus ihm ohne Ablenkung aus. Hinter einem solchen Kanal zeichnen also die Röntgenstrahlen scharfe Bilder ohne die geringste Verbreiterung infolge einer Beugung, wie sie nach der Ätherwellenhypothese zu erwarten wäre. In der Tat konnten B. Walter und R. Pohl (Ann. d. Phys. **29**, 331, 1909) hinter einer engen 1 mm langen Schlucht in Platin keine Beugung der Röntgenstrahlen konstatieren.

Diese Folgerung wird in der Tat bestätigt durch Beobachtungen über den lichtelektrischen Effekt [1]), über die von Röntgenstrahlen erzeugten sekundären Kathodenstrahlen [2]), über die Zerstäubung durch Licht [3]), über die Lage der Bandenspektren [4]), über die Emission bewegter Intensität durch Kanalstrahlen [5]).

Schwierigkeiten scheint der Lichtquantenhypothese die Erfahrung zu machen, daß die elektromagnetische Strahlungsenergie einer Frequenz in Strahlungsenergie anderer Frequenzen sich transformieren kann. Die Erklärung dieser Tatsache wird auf Grund einer wichtigen Konsequenz der Lichtquantenhypothese möglich. Es können nämlich die oszillatorischen elektromagnetischen Energiequanten, wenn die von ihrem elektromagnetischen Feld erfüllten Volumina in das elektromagnetische Feld eines Elektrons übergreifen, dann ponderomotorische Wirkungen auf das Elektron ausüben, wenn ihre Frequenzen und diejenige des Elektrons angenähert gleich sind. Wenn hierbei an dem Lichtquantum hn_1 die Arbeit $\pm V$ geleistet wird, so transformiert es sich in das Lichtquantum $hn_2 = hn_1 \pm V$. Durch „Zusammenstoß" mit einem Elektron kann sich also die Frequenz eines Wirkungselementes h kontinuierlich ändern. Das Wirkungselement ist analog dem Massenteilchen, die Frequenz analog der Translationsgeschwindigkeit in der kinetischen Gastheorie.

In erkenntnistheoretischer Hinsicht ist die Lichtquantenhypothese einfacher als die Ätherwellenhypothese. Sie kennt nur eine raumzeitliche Anordnung von oszillatorischer elektromagnetischer Energie, die sich mit der Geschwindigkeit $c = 3 \cdot 10^{10}$ cm $\cdot$ sec^{-1} im leeren Raume bewegt; ihre einzelnen Bestimmungsstücke, Energie, Raum, Zeit, elektrischer und magnetischer Vektor, können Gegenstand der Erfahrung werden. Sie benötigt zur Darstellung der Erfahrung nicht die Fiktion eines experimentell nicht faßbaren kontinuierlichen Zwischenmediums. Freilich scheint gerade die mechanistische Vorstellung des Lichtäthers ein intellektuelles Hemmnis für die Quantenhypothese und eine Förderung der Ätherwellenhypothese zu sein, insofern dem Äther in der Regel die gleiche reale Existenz zugeschrieben wird, wie etwa den elektrischen Elementarquanten oder der Energie. Es ist

1) A. Einstein, Ann. d. Phys. **17**, 144, 1905; E. Ladenburg, diese Zeitschr. **8**, 590, 1907; A. Joffé, Münch. Ber. 1907, S. 279.
2) P. D. Innes, Proc. Roy. Soc. **79**, 442, 1907; J. Stark, diese Zeitschr. **8**, 882, 1907; W. Wien, Götting. Nachr. 1907, S. 598.
3) J. Stark, diese Zeitschr. **9**, 894, 1908.
4) J. Stark, diese Zeitschr. **9**, 85, 1908.
5) J. Stark, diese Zeitschr. **9**, 767, 1908.

darum nicht überflüssig, erneut darauf hinzuweisen, daß der Lichtäther experimentell in keiner Eigenschaft faßbar ist, daß ihm lediglich die Bedeutung einer Hilfsvorstellung zukommt. Diese hat der Einbürgerung der Theorie des elektromagnetischen Feldes große Dienste geleistet; sie verleitet indes leicht zu verkehrten Problemstellungen und ist vielleicht gegenwärtig ein ernstes Hindernis für den Fortschritt in der Erforschung der elektromagnetischen Energie. Übrigens ist sie ein fremdes, überflüssiges Element in der Maxwellschen Theorie des elektromagnetischen Feldes; diese beschreibt durch Differentialgleichungen die Verknüpfung zweier Vektoren der elektromagnetischen Energie in Raum und Zeit und vergleicht in der Dielektrizitätskonstante und der Permeabilität das mit Materie erfüllte Feld mit dem von Materie freien Feld elektromagnetischer Energie. In das letztere, unabhängig von der elektromagnetischen Energie, ein Medium hineinzudenken, liegt kein experimenteller Anlaß vor; die Fortpflanzungsgeschwindigkeit einer Störung im elektromagnetischen Feld ist nicht eine Eigenschaft jenes hypothetischen Mediums, sondern der elektromagnetischen Energie. Diese selbst ist der raumerfüllende Träger des elektrischen und magnetischen Kraftfeldes; wie die Erfahrung lehrt, ist sie im statischen Zustand atomistisch verteilt auf elektrische Elementarquanten. Wenn sie im Raume strömt, so ist sie in der Form der Strahlung ebenfalls atomistisch verteilt auf einzelne Wirkungselemente von bestimmten Frequenzen, wie die Lichtquantenhypothese annimmt; ob diese Annahme der Wirklichkeit entspricht, hat das Experiment zu entscheiden.

Aachen, Physik. Inst. d. Techn. Hochschule, Juli 1909.

(Eingegangen 23. Juli 1909.)

Über die Bestimmung spezifischer Wärmen bei tiefen Temperaturen.

Von A. Eucken.

In neuerer Zeit erscheint die Kenntnis der spezifischen Wärmen, insbesondere bei tiefen Temperaturen in theoretischer Hinsicht von Wichtigkeit [1]). Da das bisher vorliegende Beobachtungsmaterial noch gering ist, regte mich Herr Professor Nernst gütigst an, einige Versuche anzustellen zur Ausarbeitung folgender Methode, die die wahren spezifischen Wärmen bei tiefen Temperaturen leicht zu bestimmen gestattet: Die Substanz selbst ist das Kalorimeter. Die Erwärmung erfolgt elektrisch durch einen Platindraht; derselbe Draht dient als Widerstandsthermometer zur Temperaturmessung. Die Wärmeabgabe nach außen wird so klein als möglich gemacht, so daß während des Ausgleichs der zugeführten Wärme im Innern ihr Verlust nach außen gering ist.

Das die Substanz enthaltende Gefäß (versilbert oder mit Aluminiumbronze bestrichen) wurde daher in einem gut evakuierten Raum aufgehängt. Der Wärmeaustausch mit der Umgebung, der auf diese Weise, abgesehen von der geringen Leitung durch die Zuführungsdrähte, nur durch die Strahlung bewirkt wurde, war trotzdem nicht ganz unbedeutend. Ich mußte daher bei der Messung schlechtleitender Pulver — es war namentlich die Messung einiger Salze ($AgCl$, $HgCl$, $PbCl_2$) beabsichtigt — auf eine Beschleunigung des inneren Wärmeausgleichs besonders hinwirken. Dabei war es wichtig, daß der Substanz die Wärme durch eine gleichmäßige Führung und hinreichende Länge des Heizdrahtes bereits gut verteilt zugeführt wurde.

Das Versuchsgefäß, wie es zuletzt benutzt wurde, ist in Fig. 1 dargestellt. Das äußere Gefäß (ABC) war innen versilbert; zum Schutze

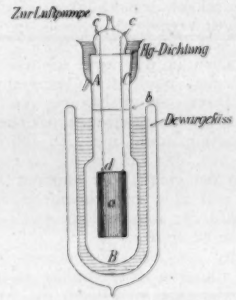

Fig. 1. ($^1/_3$ nat. Größe.)
a = inneres (Heiz-)Gefäß; b = Glimmerplättchen; c, d = Einführungen der Drähte.

gegen Strahlungsverluste nach oben war in dem Halse ein unten mit Stanniol belegtes Glimmerplättchen angebracht. Die Zuführungen des Heizdrahtes bestanden aus Kupferdrähten, die an zwei in den Glasstopfen eingeschmolzene Pt-Drähte angelötet waren. Der Widerstand der gesamten Zuführungsdrähte war neben dem des Heizdrahtes zu vernachlässigen ($< 1\,‰$); die durch sie abgeleitete Wärme war andererseits so gering, daß sie keine Störungen verursachte.

Da die Wärmeleitfähigkeit von Pulvern im

1) Nernst, Theoretische Chemie, Stuttgart 1909, 6. Aufl., S. 705; Sitzungsber. d. pr. Akad. d. Wiss. 1909, 249.

Vakuum äußerst gering ist, wurde das innere, die Substanz enthaltende Gefäß mit einem gut leitenden Gase (Wasserstoff) gefüllt und gasdicht verschlossen. Zunächst wurde das Gefäß aus Glas hergestellt. Außen war es mit Aluminiumbronze bestrichen. Der Heizdraht war solenoidartig gewickelt. Mittels zweier an verschiedenen Punkten befindlicher Thermoelemente (Eisen-Konstantan) wurde geprüft, ob sich die Temperatur im Innern des Heizgefäßes hinreichend rasch ausglich. Das Resultat war negativ. Die Differenz der Angaben der Thermoelemente war stets so bedeutend, daß ein einigermaßen genauer Versuch unmöglich erschien. Wie es schien, war die Strahlung bei diesen Versuchen nicht nach allen Seiten hinreichend gleichmäßig, so daß das Glasgefäß im stationären Zustand an seiner Oberfläche bereits Temperaturdifferenzen aufwies. Durch einen günstigeren Bau des äußeren Gefäßes würde diese Schwierigkeit vermutlich zu überwinden sein. Anstatt dessen versuchte ich das innere Gefäß aus einem gut wärmeleitenden Material (Kupferblech) herzustellen. Zur Erhöhung der Wärmeleitung nach innen waren sechs Lamellen aus dünnem Kupferblech (0,1 mm) eingelötet [1]). Der Heizdraht (etwa 1,3 m 0,05 cmm reinstes Platin) war bei *d* isoliert eingeführt; die Rückleitung erfolgte durch den Kupfermantel. Er war zickzackförmig geführt, jeden durch zwei Lamellen gebildeten Sektor durchlief er zweimal. Von den Kupferlamellen war er durch dünnes paraffiniertes Papier isoliert. Das Gefäß wurde nach Einfüllen der Substanz durch Anlöten des unteren Deckels verschlossen. Unregelmäßigkeiten in der Menge des verwandten Lotes wurden durch Abfeilen usw. ausgeglichen, so daß das Gewicht und die Wärmekapazität des Gefäßes konstant blieben.

Die Thermoelemente, die auch in dieses Metallgefäß zunächst eingeführt waren, stimmten bei Vorversuchen stets vollständig überein, später wurden sie daher fortgelassen. Bei den ersten Versuchen war das Gefäß gleichfalls mit einer Wasserstoffüllung versehen, doch zeigte es sich, daß bei diesem Gefäß Luft dieselben Dienste leistet. Außen war das Gefäß galvanisch versilbert und poliert. —

Die zur Heizung eingeführte Energie wurde durch ein Präzisionsvoltmeter von Weston und ein Präzisionsmilliamperemeter von Siemens & Halske gemessen. Der Widerstand wurde durch eine gewöhnliche Brückenkombination gemessen, wobei ein Präzisionskurbelwiderstand (von 0,1 bis 9999,9 Ω) als Vergleichswiderstand diente. Die Temperaturempfindlichkeit des verwandten Platindrahtes war bereits früher von Herrn Prof. Nernst genau ermittelt worden; sie wird durch:

$$t = -239{,}4 + 223{,}8\,\frac{w}{w_0} + 15{,}6\left(\frac{w}{w_0}\right)^2$$

dargestellt (w_0 = Widerstand bei 0°); daraus ergibt sich:

$$\frac{dt}{dw} = \frac{1}{w_0}\left(223{,}8 + 31{,}2\,\frac{w}{w_0}\right).$$

Zum Evakuieren diente eine rotierende Quecksilberluftpumpe (nach Gaede). Zur Herstellung des höchsten Vakuums wurde bei einigen Versuchen Holzkohle in flüssiger Luft verwandt, doch erwies sich diese Vorrichtung als entbehrlich, wenn die Pumpe dauernd in Gang gehalten wurde. Die Güte des Vakuums wurde mit Hilfe einer kleinen angeschmolzenen Geißlerschen Röhre dauernd geprüft. Es war für den Versuch ausreichend, wenn ein etwa 5 cm lange Funken lieferndes Induktorium keine Entladung mehr durch die Röhre zu senden vermochte. Mit dem Evakuieren wurde begonnen, nachdem das innere Gefäß die Temperatur des Bades (flüssige Luft, Alkohol-Kohlensäure, Wasser von Zimmertemperatur) angenommen hatte. Nach dem Evakuieren pflegte die Temperatur zu steigen, was durch die Wärmeleitung der Zuführungsdrähte und besonders durch die Ungleichmäßigkeit der Strahlung (das Glimmer-

Zeit (Min.)	Widerstand [1]) (W_0 = 527,63 Ω)	Differenz	Widerstand (extrapol.)	Zunahme des Widerst.	dt
0	148,05	10			
1	148,15	9			
2	148,24	9			
3	148,33	9			
4	148,42	9			
5	148,51	9			
6	148,60		148,83		
Stromschluß von 6′ bis 11′			156,72	7,89	4,06°
13	156,97	5			
14	157,02	6			
15	157,08	6			
16	157,14	6			
17	157,20	5			
18	157,25	4			
19	157,29	5			
20	157,34	6			
21	157,40	6			
22	157,46		157,61		
Stromschluß von 22½′ bis 26½′			163,32	5,71	2,95°
28	163,48	4			
29	163,52	3			
30	163,55	5			
31	163,60	4			
32	163,64	5			
33	163,69	5			
34	163,74	6			
35	163,80	5			
36	163,85				

1) Vergleichswiderstand.

1) Das Wärmeleitvermögen des Kupfers ist etwa 3000 mal größer als das des Wasserstoffs. Obgleich die *Cu*-Lamellen in dem Gefäß nur etwa $^1/_{130}$ des Volumens ausmachten, wurde also die Wärmeleitung nach innen durch die Lamellen etwa 15 mal vergrößert.

plättchen befand sich in der Regel auf einer höheren Temperatur als der des Bades) bewirkt wurde. Man beobachtete daher einen steigenden Gang der Temperatur. Nun wurde das Gefäß während einiger Minuten geheizt, danach wiederum der Temperaturgang gemessen usw. Bei den tieferen Temperaturen wechselte der Gang erst nach mehreren Einzelversuchen sein Vorzeichen, die man daher unmittelbar hintereinander machen konnte. Bei Zimmertemperatur, die etwa die obere Grenze der Anwendbarkeit der Methode darstellt, war der Gang bereits so erheblich (wegen der Zunahme der Strahlung), daß er sich in der Regel bereits nach einem Versuche umkehrte.

Der Verlauf eines typischen Versuches (Füllung mit *Ag Cl*) ist in der vorstehenden Tabelle dargestellt.

Stromstärke und Spannung wurden von $^1/_2$ zu $^1/_2$ Min. abgelesen; infolge der Erwärmung zeigten beide einen geringen regelmäßigen Gang.

In einer besonderen Versuchsserie wurde die Wärmekapazität des leeren Gefäßes bestimmt (Fig. 2). Die mit X bezeichneten Werte sind

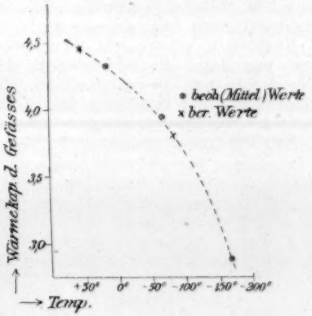

Fig. 2.

aus den Literaturwerten für die spez. Wärme des reinen Kupfers berechnet; sie stimmen mit den beobachteten Werten annähernd überein [1]). Die eigentlichen Messungen führten zu folgenden Resultaten:

Hg Cl (96,61 g) $W_0 = 527{,}9$ Ω.

Widerstandszunahme (Ohm)	Temperaturzunahme (Grad)	Zugef. Energie (cal.)	Mol. Wärme	Mittlere Temperatur
4,22	2,055	18,41	11,30	+ 16,3°
5,42	2,64	23,75	11,39	+ 16,8°
6,11	2,98	27,00	11,51	+ 18°
5,39	2,62	23,61	11,42	+ 18°
4,74	2,30	20,83	11,53	+ 19°
		Mittel:	11,43	+ 17,5°

1) Die Menge des verwandten Lotes und paraffinierten Papiers machte nur etwa 1 Proz. des Gesamtgewichtes aus; die spez. Wärmen dieser Substanzen sind teils größer, teils kleiner als die des *Cu*.

Widerstandszunahme (Ohm)	Temperaturzunahme (Grad)	Zugef. Energie (cal.)	Mol. Wärme	Mittlere Temperatur
5,72	2,67	22,17	10,61	— 66,5°
3,18	1,485	12,41	10,79	— 68,5°
		Mittel:	10,70	— 67,5°
4,33	1,920	13,00	9,44	—167°
3,21	1,422	9,68	9,50	—168°
4,27	1,892	12,79	9,44	—169,5°
		Mittel:	9,46	—168,2°

Pb Cl₂ (130,15 g) $W_0 = 527{,}9$ Ω.

4,69	2,28	29,20	18,28	+ 14°
6,27	3,05	39,00	18,28	+ 17,5°
4,66	2,27	29,17	18,39	+ 20°
		Mittel:	18,32	+ 17,5°
4,40	2,055	25,00	17,42	— 62°
5,32	2,485	29,90	17,35	— 65°
6,43	3,00	36,62	17,62	— 68°
5,20	2,43	29,45	17,42	— 70,5°
3,85	1,800	21,55	17,21	— 72,5°
		Mittel:	17,41	— 67,5°
4,20	1,855	18,35	14,81	—165°
6,35	2,805	28,02	14,99	—166°
6,35	2,805	28,00	14,93	—166°
3,31	1,463	14,40	14,78	—167,5°
6,33	2,795	27,72	14,99	—168°
		Mittel:	14,90	—166,5°

Ag Cl (138,4 g) $W_0 = 456{,}7$ Ω.

4,98	2,69	41,25	11,75	— 61,5°
4,11	2,22	34,27	11,88	— 66,0°
3,31	17,87	27,38	11,79	— 68,5°
		Mittel:	11,81	— 65,5°
5,34	2,75	36,61	10,49	—151,5°
7,12	3,67	48,45	10,46	—155°
5,71	2,95	38,40	10,33 [1])	—159°
7,89	4,06	51,70	10,09 [1])	—163°
		Mittel:	10,34	—157°

Die Wärmekapazität des leeren Gefäßes betrug in bezug auf die der verwandten Substanz etwa beim *Hg Cl* 90 Proz., beim *Pb Cl₂* 45 Proz., beim *Ag Cl* 35 Proz.; die Zahlen für das *Hg Cl* sind daher verhältnismäßig weniger sicher. Die Abweichungen der einzelnen Messungen vom Mittelwert sind nur in einzelnen Fällen größer als 1 Proz.

Die Versuche, die ich aus äußeren Gründen abbrechen mußte, werden fortgesetzt; auch die theoretische Verwertung obiger Zahlen und ihr

1) Vgl. Tab. S. 587.

Vergleich mit anderen Messungen soll später mitgeteilt werden.

Herrn Prof. Nernst möchte ich auch an dieser Stelle für seine liebenswürdige Beihilfe bei dieser Arbeit meinen aufrichtigen Dank sagen.

Berlin, Physik.-chem. Institut der Universität.

(Eingegangen 28. Juli 1909.)

ZUSAMMENFASSENDE BERICHTE.

Bericht über die Verhandlungen des internationalen Kongresses für angewandte Photographie in Wissenschaft und Technik in Dresden vom 11. bis 15. Juli 1909.

Von Dr. G. Grube (Dresden).

Montag, den 12. Juli, Vormittagssitzung.

Die Verhandlungen des internationalen Kongresses für angewandte Photographie wurden am Montag, den 12. Juli 1909, vormittags 10 Uhr durch den Vorsitzenden des Dresdener Arbeitsausschusses, Herrn Professor Luther, eröffnet. Nachdem die Herren Vertreter der verschiedenen Behörden und Korporationen die Kongreßteilnehmer, die in stattlicher Zahl aus Europa, Amerika und Asien zusammengekommen waren, begrüßt hatten, begannen die Vorträge, und als erster erhielt das Wort:

Professor H. Krone (Dresden), Daguerreotyp- und Mosersche Bilder.

Der Vortragende, der Nestor der wissenschaftlichen Photographie, berichtete über seinen ersten Vortrag auf dem Gebiete der Photographie, den er vor 62 Jahren über seine vergleichenden Untersuchungen der Daguerreotyp- und Moserschen Hauchbilder gehalten hat. Daran anknüpfend schilderte er in kurzen Zügen die gewaltige Entwicklung, die die Photographie von damals bis heute durchgemacht hat.

Dr. W. Scheffer (Berlin), Mosaikrasterplatten zur Farbenphotographie.

Nachdem Redner kurz die bei der Herstellung von Farbenrastern in Betracht kommenden Prinzipien auseinandergesetzt hatte, zeigte er an einer großen Zahl farbiger Lichtbilder von Mikrophotogrammen der Rasterschichten die Zusammensetzung der verschiedenen Farbraster und erläuterte deren Herstellung.

Professor C. G. Schillings (Weierhof), Erfahrungen über die Photographie der freilebenden Tiere Afrikas.

12. Juli, Nachmittagssitzung.

Dr. Fambach (Glauchau), Die Anwendung der Autochromplatte, insbesondere in der Mikrophotographie, Histologie und pathologischen Anatomie.

Die Autochromplatte ist überall da sehr gut verwendbar, wo es sich um Wiedergabe von Körperfarben handelt. Die Anwendbarkeit der Autochromplatte zu diesen Zwecken wird an einer großen Zahl von Aufnahmen aus dem Gebiete der Tiermedizin demonstriert. Ferner stellte der Redner fest, daß die reinen Spektralfarben, die also Lichterscheinungen von ganz bestimmter Wellenlänge und Schwingungszahl sind, von der Autochromplatte nicht genau wiedergegeben werden. Es werden die Aufnahmen des Spektrums des gasförmigen Teiles des elektrischen Bogenlichtes vorgeführt: Die Übergänge zwischen den Grundfarben fehlen, die Natriumlinie erscheint rot.

Dr. Panconcelli-Calzia (Marburg), Anwendungen der Photographie in der experimentellen Phonetik. (Physiologie der Stimme und Sprache.)

13. Juli, Vormittagssitzung.

Dr. A. P. H. Trivelli (Scheweningen), Die Wasserstoffsuperoxydreaktion auf die Silbersubhaloide.

Prof. Dr. K. Schaum (Leipzig), Umkehrungserscheinungen.

Die charakteristische Kurve einer photographischen Platte erhält man, wenn man in ein Koordinatensystem als Ordinaten die Logarithmen der Undurchlässigkeit, als Abszissen die Logarithmen der Exposition aufträgt. Man erhält dann eine Kurve, die anfangs fast parallel zur X-Achse, dann steiler nach oben verläuft, durch ein Maximum geht und dann wieder abnimmt. Der erste Teil der Kurve entspricht der Unterbelichtung, das steile Kurvenstück stellt die normale Belichtung dar, bei welcher die Abstufung am besten ist; in der Gegend des Maximums ist die Platte überbelichtet, und endlich das letzte Stück, das wieder abfällt, ist das Gebiet der Solarisation. Bei der Solarisation, die also bei sehr starker Überbelichtung einer Platte eintritt, entsteht statt eines Negativs ein positives Bild auf der Platte. Durch Oxydationsmittel, z. B. Ammoniumpersulfat, wird das erhaltene Positiv in ein Negativ verwandelt. Der Vortragende führt sodann noch andere Umkehrungserscheinungen vor, wie sie sich ergeben beim Belichten der Platte mit Tageslicht, Funkenlicht und Röntgenlicht. Hierbei kommt es auf die Reihenfolge bei der Be-

lichtung an. Belichtet man eine Platte zunächst mit Tageslicht, dann mit Funkenlicht, so addieren sich die Lichtwirkungen. Belichtet man dagegen erst mit Funkenlicht und dann mit Tageslicht, so heben sich die Lichtwirkungen auf. Hierauf beruht die schon häufig beobachtete Erscheinung der schwarzen Blitze. Ferner addiert sich die Lichtwirkung von Tageslicht + Röntgenlicht, und von Röntgenlicht + Funkenlicht, während in umgekehrter Reihenfolge Röntgenlicht + Tageslicht und Funkenlicht + Röntgenlicht sich aufheben.

W. H. Idzerda (Haag), Versuch einer Erklärung des Solarisationsphänomens.

Für das Auftreten der Solarisation bei Bromsilberplatten gibt es zwei Theorien: 1. Das Photo- oder Subhaloid wird unter weiterer Bromabspaltung (Reduktion) in ein nicht entwickelbares Photo- oder Subhaloid umgesetzt (Trivelli, Schaum). 2. Das Photo- oder Subhaloid wird wieder zu der ursprünglichen Substanz, also zu Bromsilber, regeneriert (Oxydation). Der Vortragende hält die zweite Erklärung für richtig, und zwar nimmt er an, daß Strahlen anderer Wellenlänge als die erregenden Strahlen an der Oberfläche und teilweise im Innern des Kornes statt reduzierend oxydierend wirken und somit das Bromsilber im feineren Korn regenerieren. Die Einwirkung der verschiedenen chemischen Agenzien auf die solarisierte Platte läßt sich auf diese Weise erklären. Eigene Versuche zur Stütze seiner Ansicht sind vom Referenten noch nicht gemacht, jedoch ermöglicht die Hypothese eine Erklärung des vorhandenen Tatbestandes.

A. Löwy (Wien), Über Dunkelkammerlicht für das Autochrom- und Omnikolorverfahren. Untersuchungen über die Haltbarkeit der Rasterschichten.

Auf Grund der vergleichenden Untersuchung der verschiedenen bis jetzt für die Autochromplatte vorgeschlagenen Dunkelkammerscheiben gelang es dem Vortragenden, durch Mischung eines gelben, purpurroten und grünen Farbstoffes eine Scheibe herzustellen, die vor einer 16kerzigen Glühlampe ein gutes Licht gibt, bei dem man die Entwicklung der Autochromplatte gut verfolgen kann, ohne bei einiger Vorsicht ein Verderben der Platte befürchten zu müssen. Ferner untersuchte der Vortragende die Lichtechtheit der zur Herstellung der Autochromplatte verwandten Farbstoffe, indem er von einer Autochromplatte die Gelatineschicht entfernte und den übrigbleibenden Raster dem Sonnenlichte aussetzte. Es zeigte sich, daß die Farbstoffe sehr lichtbeständig sind. Erst nach siebentägiger Bestrahlung im Sonnenlicht trat eine Wirkung auf, während z. B. der Farbraster der Omnikolorplatte schon nach eintägigem Bestrahlen mit diffusem Tageslicht ein merkliches Verblassen der Rasterelemente zeigte.

Prof. Dr. E. Dolezal (Wien), Zusammenfassender Vortrag über Photogrammetrie.

Dr. M. v. Rohr (Jena), Über gegenwärtig wirksame Hindernisse für die Verbreitung der Stereoskopie.

Die glänzendste Zeit der Stereoskopie waren die fünfziger und sechziger Jahre des vorigen Jahrhunderts. Heutzutage ist dieselbe zurückgegangen, weil einmal die Teilnahme der Wissenschaftler geschwunden ist, und weil die moderne Richtung der künstlerischen Photographie der Stereoskopie viel gute Kräfte entzieht. Der Umstand, daß man unter den Anhängern der Stereoskopie häufig Freunde von übertriebener Tiefenwirkung findet, gefährdet die Verwendung des Stereogrammes zu Lehrzwecken. Ein weiterer Übelstand liegt noch darin, daß das gewohnte Stereoskop, das alte Brewstersche, in seiner Ausführung wenig leistungsfähig ist und in seiner Wirkungsweise nicht leicht übersehen werden kann. Eine Verbesserung bildet zum Beispiel das Pigeonsche Stereoskop. Es muß gefordert werden, daß ein für Lehrzwecke bestimmtes Stereoskop denselben Eindruck von dem dargestellten Objekt hervorzurufen vermag, wie dessen beidäugige Betrachtung vom entsprechenden Standpunkte. Dieses ist nur zu erreichen durch ein Verständnis des Strahlenganges in den Aufnahmeobjektiven und eine Einsicht in die Augenbewegungen des das Stereoskop benutzenden Beobachters.

Dr. P. H. Eijkmann (Scheweningen), Neue Anwendungen der Stereoskopie. Die Röntgenopakplatte.

Der Vortragende gibt einen Überblick über die vielseitige Anwendbarkeit der Stereoskopie auf dem Gebiete der Röntgenphotographie im Dienste der medizinischen Wissenschaft, die er selbst wesentlich gefördert hat. Ferner zeigte er photographische Platten mit einem opaken Schichtträger für Röntgenaufnahmen. Die Vorteile dieser Platten sind: Man kann das Bild in auffallendem Lichte betrachten. Infolge der Reflexion des Lichtes an dem opaken Schichtträger ist die Gradation eine doppelte, was theoretisch eine vierfach verkürzte Exposition bedeutet. Als opaker Schichtträger wird vorgeschlagen: Milchglas oder Untergießungen auf gewöhnlichen Glasplatten, die mit Baryt oder Karbonaten opak gemacht sind.

Dr. Wandersleb (Jena), Über die Strahlenbegrenzung in photographischen Objekten.

Redner gab einen allgemein verständlichen Überblick über die Lehre von der Strahlenbegrenzung, wie sie von Abbé ausgearbeitet und von v. Rohr in Jena weiter entwickelt wurde. An einigen schematischen Zeichnungen zeigte er, wie sich an Hand der Begriffe der Eintritts- und Austrittspupille eines Systems die Lichtstärke und Tiefenschärfe darstellen lassen.

K. W. Wolf-Czapek (Berlin), Anwendung der Kinematographie in der Wissenschaft und Technik.

Nachmittagssitzung.

Prof. Dr. A. Reiß (Lausanne), Die Photographie im Dienste der Rechtspflege.

Polizeipräsident Koettig (Dresden), Über den Bertillonschen metrischen Apparat und seine Anwendungsmöglichkeiten auf dem Gebiete der forensischen Photographie.

W. Urban (München), Beiträge zur Praxis der forensischen Photographie.

Prof. Dr. A. Miethe (Charlottenburg), Über Schumannplatten. Projektionsvortrag mit Lichtbildern nach dem Mietheschen Dreifarben-Verfahren.

Schumann hat nachgewiesen, daß bindemittelhaltige Bromsilberplatten zur photographischen Wiedergabe der äußersten ultravioletten Strahlen des Spektrums nicht verwendbar sind, da das Bindemittel das kurzwelligste Licht jenseits von 200 $\mu\mu$ absorbiert. Zur Untersuchung des äußersten Ultravioletts braucht man daher bindemittelfreie Bromsilberplatten. Eine Methode zu deren Herstellung hat Schumann auch angegeben. Jedoch ist diese nicht ganz leicht. Es ist dem Referenten gelungen, auf einem einfacheren Wege bindemittelfreie Platten herzustellen, indem er von käuflichen Kollodiumemulsionen ausging und die Nitrozellulose durch Dekantieren mit Äther-Alkohol entfernte. Die Äther-Alkohol-Bromsilberemulsion ergab jedoch sehr geringe Empfindlichkeiten und ließ sich nicht fixieren. Erst durch Vorpräparieren der Platte mit Eiweiß, Kautschuk usw. gelang es, die Schicht fixierbar zu machen und eine Empfindlichkeit zu erreichen, die der der Schumannplatte gar nicht oder wenig nachsteht. Es empfiehlt sich, derartige Platten für alle Untersuchungen innerhalb des Bereiches des Spektrums zwischen 200 und 180 bzw. 170 $\mu\mu$ zu benutzen.

Dr. A. Seyewetz von der Firma A. Lumière et ses fils (Lyon), Die Autochromplatte.

14. Juli, Vormittagssitzung.

Prof. R. Namias (Mailand), Über Chlorbromsilberopakplatten und ihre Anwendung.

R. Jahr (Dresden), Herstellung und Entwicklung von Jodsilber-Gelatineemulsionsplatten. Die physikalische Entwicklung der Trockenplatten.

Dr. E. Limmer (Braunschweig), Über Farbenanpassungsverfahren (Ausbleichverfahren).

In dem Farbenanpassungsverfahren ist die Möglichkeit einer direkten Körperfarbenphotographie gegeben. Es gründet sich hauptsächlich auf den Satz, daß lichtempfindliche Verbindungen nur verändert werden in dem Lichte, das sie absorbieren. Das heißt also: Ein lichtempfindlicher Farbstoff bleicht nur aus in dem Lichte, das er absorbiert, er ist verhältnismäßig beständig gegen das Licht, welches er reflektiert. Es besteht nun die Möglichkeit, die Lichtempfindlichkeit von Farbstoffen wesentlich zu erhöhen durch Zusatz anderer Verbindungen, sogenannter Sensibilisatoren. Damit die Farben des Originals richtig wiedergegeben werden, muß man die verwendeten Farbstoffe aufeinander abstimmen, so daß sie gleich lichtempfindlich sind. Um nun eine haltbare Kopie zu bekommen, ist es natürlich erforderlich, nach dem Kopieren den Sensibilisator zu entfernen. Hierzu bedient man sich der Anti- oder Entsensibilisatoren. Ferner wäre es erforderlich, mit Hilfe von farbstoffixierenden Verbindungen die natürliche Lichtunechtheit der verwendeten Farbstoffe aufzuheben. Vortragender hält nach seinen Versuchsergebnissen nicht für ausgeschlossen, daß es in absehbarer Zeit gelingen wird, die Fixierung und Entsibilisierung der Farben des Bildes durch Behandeln mit ein und demselben Körper durchzuführen.

Prof. Dr. Stobbe (Leipzig), Über die Verwendung der Fulgidfarbstoffe beim Ausbleichverfahren.

Vortragender berichtet über seine Versuche, die von ihm dargestellten Fulgide, die sehr lichtempfindlich sind, für das Ausbleichverfahren zu verwenden.

K. K. Reg.-Rat Georg Fritz (Wien), Über Druckmaschinen.

Dr. H. Beck (Berlin), Die Organisation der Technischen Auskunft.

Dr. K. Kieser (Düsseldorf), Die Sensitometrie photographischer Papiere.

Viele der zur Untersuchung von photographischen Papieren verwendeten Methoden haben große Mängel, vor allen Dingen sind sie nicht gut reproduzierbar. Leicht reproduzierbar und frei von Fehlerquellen ist das Röhrenphotometer, jedoch ist auch dieses für den Massengebrauch nicht geeignet. Ein sehr brauchbares Sensitometer für Papiere ist das Scheinersche Instrument in der Modifikation von Eder. Vortragender hat dieses für die Sensitometrie von Bromsilberpapieren verwendet und gute Erfolge damit erzielt. Die Versuchsanordnung wird ausführlich erläutert. Die Verwendung des Scheinerschen Sensitometers für Auskopierpapiere hat noch keine befriedigenden Resultate gegeben.

H. Schmidt (Berlin), Referat über die Bezeichnung der Plattenempfindlichkeit.

Es ist wünschenswert, mit möglichst wenig Zahlen eine gute Charakteristik einer bestimmten Plattensorte zu geben. Alle mit $\log i$ (i = Lichtintensität) oder $\log t$ (t = Expositionszeit) als Abszisse und D (Dichte der Platte) als Ordinate aufgezeichneten Schwärzungsskalen lassen sich durch elastische Dehnung beider Koordinaten und Parallelverschiebung miteinander zur Deckung bringen. Bei bestimmter Art der Entwicklung ist dann die Platte durch 6 Zahlen charakterisiert:

I. Der Schleier der nichtbelichteten Teile.

II. Die größte vorkommende Schwärzung.

III. und IV. Zwei zusammengehörige Werte von i und t, welche eine Dichte gleich f (I, II), z. B. $^1/_2$ (I + II) hervorbringen.

V. und VI. Die Gradation der Zeit und Intensitätsskalen oder $\frac{dD}{d\log t}$ und $\frac{dD}{d\log i}$ bei der Dichte $= f$ (I, II).

Dr. E. Goldberg (Leipzig), Über Unterschiedsempfindlichkeit von Platten.

Der Redner führt einen Apparat vor, welcher dazu dienen soll, die „Unterschiedsschwelle" der Platte zu bestimmen, die definiert ist durch die kleinste Schattenabstufung des Originals, die noch auf der Platte abgebildet wird.

An die verschiedenen Vorträge über Sensitometrie schloß sich eine kurze Diskussion, deren Resultat war, daß eine Bezeichnung der Empfindlichkeit photographischer Platten nur möglich sei durch Wiedergabe der charakteristischen Kurve. Eine derartige Bezeichnungsweise ist aber unbedingt erforderlich, um die heutzutage durch die unzuverlässigen Angaben vieler Fabrikanten unvermeidlichen Mißerfolge beim Photographieren zu verhüten.

Dr. G. Leimbach (Göttingen), Die absolute Strahlungsempfindlichkeit der Bromsilberplatte gegen Licht verschiedener Wellenlänge.

Während die Gesetze, die die relative Abhängigkeit der Schwärzung der photographischen Platte von der Intensität, Wellenlänge, Zeitdauer usw. der Exposition bestimmen, schon eingehend untersucht sind, ist es bis jetzt noch nicht gelungen, die Schwärzung, die eine photographische Platte durch eine im absoluten Maß gemessene Lichtmenge bestimmter Wellenlänge erfährt, zu messen. Ebenso ist bis jetzt noch nicht der Absolutwert der Energie festgestellt, welcher erforderlich ist, um eine gerade wahrnehmbare Schwärzung auf der Platte zu erreichen. Es gelang dem Vortragenden, zur einwandfreien absoluten Messung der Strahlungsenergie ein Bolometer von bisher kaum erreichter Empfindlichkeit zu konstruieren, welches die spektral zerlegte Energie einer stetig strahlenden Lichtquelle im ganzen Spektralbereich genügend genau im absoluten Maß zu messen erlaubt. Mit Hilfe eines kleinen Spektrometers mit Wellenlängenskala von Schmidt und Haensch wurde der Wellenlängenbereich ermittelt. Die Messung der Undurchlässigkeit der Platte an den geschwärzten Stellen wurde mittels eines Hartmannschen Mikrophotometers ausgeführt. Auf Grund eingehender Untersuchungen wurde nun festgestellt, daß das Bunsen-Roscoesche Gesetz, welches aussagt, daß gleichen Lichtmengen auch gleiche photochemische Wirkungen entsprechen — $i \cdot t$ = const — für die Bromsilberplatte nicht stimmt, sondern daß hierfür das Schwarzschildsche Gesetz gilt, nach welchem innerhalb weiter Grenzen die gleichen photochemischen Wirkungen für $i \cdot t^p$ = const erzielt werden. Die Messung der absoluten Strahlungsempfindlichkeit wurde an folgenden Plattensorten durchgeführt: Dr. Schleußners Gelatineemulsionsplatte, Σ-Platte der Gebrüder Lumière, Perorto-Platte (Grünsiegel) von Otto Perutz, München, und Chromo-Isolarplatte der „Agfa".

Die zusammengestellten Schwärzungskurven jeder Plattensorte zeigten für alle Spektralbereiche parallelen Verlauf, d. h. die Gradation ist für alle Wellenlängen dieselbe. Die Schleußnerplatte ist normalempfindlich, hat aber eine sehr gleichmäßige Schicht. Die Σ-Platte ist die empfindlichste der vier, wenigstens für Grün und Blau. Im Grün erreicht sie sogar die Perorto-Platte, die ihrerseits große Orthochromasie und relativ große Empfindlichkeit besitzt. Eine noch bessere Farbenwiedergabe ermöglicht die Chromo-Isolarplatte, allerdings auf Kosten der Empfindlichkeit. Die Energiemengen, die eine soeben noch wahrnehmbare Schwärzung — die Schwellwerte — hervor-

brachten, sind für das Maximum der Empfindlichkeit in der Höhe von $\lambda = 450\,\mu\mu$ und die einzelnen Plattensorten folgende:

Schleußnerplatte	10,5	$\cdot 10^{-10}\,\frac{\text{Watt}}{\text{cm}^2}$ Sek.
Σ-Platte	1,38	
Perortoplatte	16,3	
Chromo-Isolarplatte	17,8	

Entsprechende Energie- und Schwärzungsmessungen wurden an denselben Plattensorten gemacht, indem diese mit dem unzerlegten Licht der Hefnerlampe und der Nernstlampe bestrahlt wurden. Diese Messungen ermöglichten die Auswertung der üblichen Sensitometerskalen in absolutem Maß.

Professor A. Callier (Gent), Über die Gradation in diffusem oder direktem Licht.

Schon frühere Forscher haben darauf hingewiesen, daß die entwickelte photographische Platte das auffallende Licht nicht nur absorbiert, sondern auch einen Teil desselben diffus macht. Infolgedessen ist anzunehmen, daß photometrische Dichtemessungen verschiedene Resultate geben müssen, je nachdem man in parallelem oder diffusem Lichte arbeitet. Die Messungen des Vortragenden bestätigen dieses. Als Maßinstrument benutzte er das Martenssche Polarisationsphotometer. Die nach den beiden Maßmethoden erhaltenen Werte waren völlig verschieden. Daher sind auch die nach den beiden Methoden erhaltenen charakteristischen Kurven der Platte einander nicht geometrisch ähnlich. Deshalb ist auch die „Trägheit", das ist der Wert, der durch den Schnittpunkt der Verlängerung des geraden Teiles der charakteristischen Kurve mit der X-Achse bestimmt ist, ein anderer, je nachdem man in parallelem oder diffusem Lichte arbeitet.

Dr. C. Mees (London), Bericht über den gegenwärtigen Stand der Sensitometrie[1]).

Das Gebiet der Sensitometrie läßt sich in 4 Gruppen teilen:

1. Die Messung der Empfindlichkeit photographischer Platten.
2. Die Messung des Grades der Entwicklung der Platten.
3. Die Messung der Farbenempfindlichkeit von Platten.
4. Die Anwendung der photographischen Platte zur Messung anderer Phänomen.

Die eigentliche Sensitometrie stellt sich zur Aufgabe, eine Zahl zu finden, welche genau die relative Empfindlichkeit zweier verschiedener Platten darstellt. Da verschiedene Platten unter verschiedenen Bedingungen sich verschieden verhalten, so gibt es keine derartige absolute Zahl, jedoch sind die beiden Platten genügend definiert durch das Verhältnis der Expositionen, die erforderlich sind, um gleiche Dichten hervorzubringen, wenn beide Platten bis zur gleichen Gradation entwickelt werden. Hierbei soll als Lichtquelle Tageslicht verwandt werden, und die Expositionszeit zwischen 5 Sekunden und 2 Minuten liegen. Die Messung dieser Zahlen geschieht mit Hilfe der Photometer nach Warneke oder Scheiner. Bei beiden Methoden wird die Lichtintensität gemessen, die gerade noch einen Effekt auf die Platte hervorbringt. Bei der Methode von Hurter und Driffield kann man die Empfindlichkeit aus einer Kurve ablesen, die die Dichte der entwickelten Platte mit den Logarithmen der Expositionen verknüpft. Der zweite Teil der Sensitometrie besteht in der Bestimmung des Entwicklungsgesetzes und von Konstanten, die jeder Platte eigentümlich sind. Die Farbenempfindlichkeit wird durch Feststellung der Dichte gemessen, nachdem die Platte durch das Spektrum belichtet war, oder durch Ermittlung des Verhältnisses der Empfindlichkeiten beim Belichten durch verschiedene Farbfilter. Sind die Empfindlichkeit und die Entwicklungskonstanten einer Platte bestimmt, so kann man sie zur Intensitätsmessung beim Lichte oder bei radioaktiven Erscheinungen verwenden.

Dr. v. Schrott (Wien), Über die Aktinität verschiedener elektrischer Bogenlampen für photographische Kopierzwecke. (Nicht vorgetragen.)

Nachmittagssitzung.

Prof. Dr. Konen (Münster), Zusammenfassender Vortrag über Spektrographie.

Dr. A. Kopf (Königstuhl-Observatorium Heidelberg), Die Photographie in der Astronomie.

Hauptmann a. D. Hildebrandt (Berlin), Die Ballonphotographie.

Zum Schluß seien alle diejenigen Leser, die sich für die auf dem Kongreß gehaltenen Vorträge interessieren, darauf hingewiesen, daß ein ausführlicher Bericht über den ersten Kongreß für angewandte Photographie demnächst im Druck erscheint.

Der zweite internationale Kongreß für angewandte Photographie findet voraussichtlich im Jahre 1910 in Brüssel statt.

(Eingegangen 26. Juli 1909.)

1) Von Herrn Callier verlesen.

PHYSIKALISCHE TECHNIK.

Ältere und neuere weniger bekannte Hilfsmittel für das physikalische Laboratorium.

Von Max Iklé.

Der Vortrag, den Herr W. Kaufmann in einer der Sitzungen der Abteilung für Physik auf der 79. Versammlung der Deutschen Naturforscher und Ärzte im September 1907 zu Dresden gehalten hat[1]), gab mir die Anregung zu einer Zusammenstellung einer Reihe weniger bekannter, dabei einfacher und bequemer Hilfsmittel für das physikalische Laboratorium. Nachdem diese Zusammenstellung jüngst an anderer Stelle[2]) veröffentlicht worden ist, erging seitens der Schriftleitung der Physikalischen Zeitschrift an mich das Ersuchen, den gleichen Gegenstand auch in den Spalten dieses Blattes zu behandeln. Ich komme dieser Aufforderung um so lieber nach, als diese Zeitschrift durch ihre im Anschluß an den oben genannten Vortrag des Herrn Kaufmann eingerichtete „Praktische Ecke" der gegebene Raum für derartige Mitteilungen ist. Es ist zu verwundern, daß diese „Praktische Ecke" seitens der Herren Fachgenossen noch recht wenig benutzt wird. Allerdings wird dem Forscher ein nützlicher Kunstgriff, den er gelegentlich seiner Arbeiten gefunden hat, im Vergleich zu dem Endergebnis seiner Untersuchungen so unwesentlich erscheinen, daß er ihn einer gesonderten Veröffentlichung nicht für würdig erachtet. Es ist indessen zu bedenken, daß solche Winke für andere Forscher, selbst wenn sie auf ganz anderem Gebiete arbeiten, oft von außerordentlichem Nutzen sein können. Unsummen an Zeit und Arbeit, von den pekuniären Aufwendungen gar nicht zu reden, werden nutzlos dadurch verloren, daß mancher all die kleinen Pfiffe und Kniffe, die ein Fachgenosse besonderer Erwähnung nicht wert erachtet hat, nun durch eigene, leider oft recht schmerzliche Erfahrung von neuem erfinden muß. Eine regere Mitteilsamkeit auf diesem Gebiete würde unendlichen Nutzen stiften können!

Viele wertvolle Winke sind in Fricks „Physikalischer Technik" niedergelegt. Dieses ausgezeichnete Werk, dem ich auch für meine vorliegende Zusammenstellung manche Angaben entnommen habe, will aber hauptsächlich den Zwecken der Vorlesung dienen, während ich hier in erster Linie die Technik des Laboratoriums berücksichtigen will. Für diesen Zweck finden sich mancherlei wertvolle Winke in den Lehrbüchern der praktischen Physik (Kohlrausch usw.), indessen gibt es noch eine Menge nützlicher Hilfsmittel und Kunstgriffe, die man dort vergeblich suchen würde.

In jedem Laboratorium finden sich Stative und Klemmen, Klötze und Brenner u. dergl. m. in Hülle und Fülle. Aber all diese an sich unendlich schätzenswerten Dinge sind meist nur in je einer Spezies vertreten. Mit etwa den gleichen, vielleicht gar mit noch geringeren Kosten könnte aber ein Arsenal beschafft werden, das dank größerer Vielseitigkeit weit mannigfaltigeren Ansprüchen zu genügen vermöchte. Mit Recht hebt Herr Kaufmann als die Quelle so vieler Mißerfolge den Mangel an Anpassungsfähigkeit dieser Hilfsteile hervor.

Ich hoffe, im folgenden darzutun, daß seitens der einschlägigen Firmen eine reiche und genügende Auswahl solcher Hilfsmittel geboten wird. Daß ich nicht den Anspruch erhebe, eine erschöpfende Aufzählung aller vorhandenen praktischen Laboratoriumshilfsmittel zu geben, bedarf kaum der Erwähnung. Die Zahl der im Handel erhältlichen Gegenstände dieser Art ist überraschend groß. Manch nützlicher Hinweis ist in Arbeiten enthalten, in denen man ihn, dem Titel der Arbeit nach, nicht vermuten würde, und wo er ungenutzt verborgen bleibt, bis ein Zufall ihn ans Licht bringt. Ich beabsichtige, mich hier auf solche Dinge und Methoden zu beschränken, die für vielerlei Zwecke verwendbar sind, dagegen solche Hilfsmittel außer Betracht zu lassen, die nur auf einzelnen eng umschriebenen Spezialgebieten Anwendung finden können.

Aus Gründen der Unparteilichkeit werde ich auch im allgemeinen, sofern dem nicht Patent- oder sonstige Schutzrechte entgegenstehen, von der Nennung einzelner Firmen absehen. Sehr viele Stücke sind in gleicher, oder doch für Laboratoriumszwecke gleichwertiger, Ausführung aus den verschiedensten Quellen zu beziehen; es wäre somit ungerecht, wollte ich eine einzelne durch Namhaftmachung bevorzugen. Überdies wird jeder bessere Institutsmechaniker, ja sogar mancher technisch geschulte Physiker, imstande sein, die Mehrzahl der genannten Hilfsteile den jeweiligen besonderen Bedürfnissen und Zwecken entsprechend selbst herzustellen.

Dagegen möchte ich an dieser Stelle die angenehme Pflicht erfüllen, einer Reihe von Firmen meinen herzlichen Dank dafür auszudrücken, daß sie mich durch freundliche Überlassung von Preislisten, Katalogen, Prospekten, Galvanos und sonstigem Material, sowie durch liebenswürdige Auskünfte in entgegenkommend-

1) W. Kaufmann, diese Zeitschr. **8**, 748, 1907; Verh. d. D. Phys. Ges. **9**, 435, 1907.

2) Über einige weniger bekannte, einfache und bequeme Hilfsmittel für das physikalische Laboratorium. Himmel und Erde **21**, 362, 1909.

ster und ausgiebigster Weise unterstützt und dadurch diese Zusammenstellung ermöglicht haben. Ich nenne folgende Firmen (in alphabetischer Reihenfolge):

Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin.
Georg Beck & Co., Berlin NO.
Ferdinand Ernecke, Hoflieferant, Mechanische Präzisionswerkstätten, Berlin-Tempelhof.
Frankfurter Physikalische Werkstätten, Frankfurt a. M.
Fr. Fuendeling, Werkstätten für Feinmechanik und Elektrotechnik, Friedberg in Hessen.
Galvanische Metall-Papier-Fabrik, A.-G., Berlin, N. 39.
Harburger Gummi-Kamm-Co., Dr. Heinrich Traun, Hamburg-Berlin C. 19.
Franz Hugershoff, Leipzig.
Leppin & Masche, Fabrik wissenschaftlicher Apparate, Berlin SO. 16.
Dr. Rob. Muencke, Technisches Institut, Berlin NW. 6.
Robert Röher, Mechanische Werkstätte, Jena.
Franz Schmidt & Haensch, Optische und mechanische Werkstätten, Berlin S. 42.
Julius Schober, Metallwarenfabrik für Chemie, Pharmazie und Technik, Berlin SO. 16.
Schwabe & Co., Hoflieferanten, Berlin S. 14.
Siemens & Halske, A.-G., Berlin-Charlottenburg.
B. G. Teubner, Leipzig.
Vereinigte Fabriken für Laboratoriums-Bedarf, G. m. b. H., Berlin N. 39.
Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig.
Warmbrunn, Quilitz & Co., Berlin NW. 40.

Auch seitens der Fachgenossen ist meine Arbeit durch mancherlei Hinweise und Auskünfte mit liebenswürdiger Bereitwilligkeit sehr gefördert worden.

Wenn ich nun einerseits die Nennung von Bezugsquellen zu vermeiden suche, so möchte ich andererseits doch, soweit es angängig ist, denen gerecht werden, welche die hier aufzuführenden Hilfsmittel, Methoden und Verbesserungen ersonnen haben, denn

Vergraben ist in ewige Nacht
Der Erfinder großer Name zu oft!
Was ihr Geist grübelnd entdeckt, nutzen wir,
Aber belohnt Ehre sie auch?

Immerhin wäre es keineswegs durchweg berechtigt, auf meine diesbezüglichen Angaben Prioritätsansprüche zu begründen. Gar mancher Kunstgriff wird etwa gleichzeitig von verschiedenen Forschern ersonnen worden sein. Andere Hilfsmittel dürften schon recht alt, aber inzwischen in Vergessenheit geraten und erst in verhältnismäßig neuerer Zeit wiederum gefunden worden sein. —

Die überaus brauchbaren Apparate, die Herr Kaufmann ersonnen und seinerzeit in Dresden, sowie später an anderer Stelle [1]) vorgeführt hat, darf ich hier übergehen, da sie ja den Lesern dieser Zeitschrift zur Genüge bekannt sind. Ebensowenig brauche ich mich über die Apparate des Herrn W. Volkmann („Physikalischer Baukasten") auszulassen.

Ich möchte nun zunächst kurz auf das Stativ eingehen, dem auch die beiden eben genannten Herren in erster Linie ihre Aufmerksamkeit gewidmet haben. Wie die Diskussion zu dem Dresdener Vortrage des Herrn Kaufmann zeigte, ist die Frage nach dem besten Stativfuße noch keineswegs als in allseitig befriedigender Weise gelöst zu betrachten. Der Dreifuß wie die runde oder rechteckige Grundplatte haben ihre Anhänger. Es dürfte deshalb noch eine dritte Form des Stativfußes Erwähnung finden, die auch eine gute Ausnutzung des Raumes auf dem Arbeitstische ermöglicht. Ich meine die Halbkreisform, die, wenn ich recht unterrichtet bin, zuerst von Hagenbach angegeben worden ist.

Wenn man an Stelle der alten, wenig zweckmäßigen Stange des Bunsenstativs die von Herrn Kaufmann eingeführten gezogenen Eisenröhren mit vernickeltem Messingüberzug verwendet, so dürfte sich unter Umständen für die Verlängerung der Stange folgendes Verfahren empfehlen, das den Vorteil bietet, die Gleichförmigkeit der Stange durch keine Muffe zu unterbrechen: Man versehe die Röhren an den Enden mit Innengewinden und verbinde sie miteinander durch einen Doppelnippel, der natürlich nicht zu kurz gewählt werden darf.

Als Trichterhalter ist der gestielte Ring (Fig. 1) vielfach im Gebrauch, der durch eine

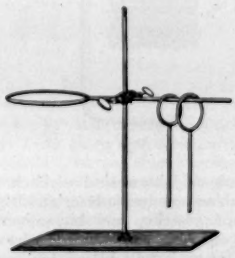

Fig. 1.

Muffe bequem am Bunsenstativ zu befestigen ist. Diesem Ringe gegenüber bietet der in Fig. 2 dargestellte geschlitzte Ring den Vorteil, daß das Aufheben des Trichters vermieden werden kann.

1) W. Kaufmann, diese Zeitschr. **9**, 616, 1908; Verh. d. D. Phys. Ges. **10**, 244, 1908.

Fig. 2.

Als Träger für leichte Gegenstände, beispielsweise für einen Trichter, können in vielen Fällen zwei Stativformen von Nutzen sein, die leicht, billig und handlich sind. Sie sind in allen einschlägigen Geschäften erhältlich, auch kann man sie sich aus starkem Draht ohne große Schwierigkeiten ganz nach Bedarf selbst herstellen. Eine dieser Formen (Fig. 3) ist von Ostwald, die andere (Fig. 4) von Omeis angegeben worden;

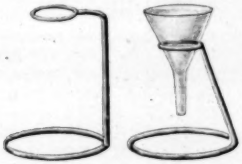

Fig. 3. Fig. 4.

die letztgenannte Form wird auch in einer Ausführung in den Handel gebracht, bei welcher der Hals ausziehbar ist, also aus einer auf einem Drahte gleitenden Röhre gefertigt ist, die mittels einer Schraube in beliebiger Höhenstellung festgehalten werden kann (Fig. 5). In dieser Gestalt wird das Stativ natürlich entsprechend stabiler ausgeführt.

Fig. 5.

Seit einigen Jahren sind vielfach für elektrische Glühlampen besondere, allseitig bewegliche Lampengestelle, aus biegsamem Metallschlauch gefertigt, eingeführt („Schwanenhalslampen"). Diese Gestelle haben den großen Vorzug, daß sie gestatten, den Beleuchtungskörper an jede beliebige Stelle zu bringen. Es war ein überaus glücklicher Gedanke, der meines Wissens zuerst von der Firma Leppin & Masche ausgeführt worden ist, dieses Prinzip auch auf andere Gebiete anzuwenden, und an die Stelle der Glühlampenfassung die verschiedensten Klammern und Halter zu setzen. Man erhält dadurch ein Stativ, das an Schmiegsamkeit und bequemer Handhabung wohl von keiner anderen gegenwärtig bekannten Stativform erreicht werden dürfte, das aber den einen Nachteil hat, in seinem Anwendungsgebiet auf das Tragen solcher Gegenstände beschränkt zu sein, die weder allzu schwer, noch allzu umfangreich sind.

Zum Ausgleich der Höhenunterschiede zwischen einzelnen Teilen der Versuchsanordnung pflegt man sich untergelegter Bretter und Klötze zu bedienen, die in jedem Laboratorium reichlich vorhanden sind. Aber kaum bei irgendeiner anderen Gelegenheit tritt die Tücke des Objektes so häufig in Erscheinung wie hier, denn in der Regel sind die verfügbaren Stücke entweder zu hoch oder zu niedrig, und nur durch langwieriges Probieren gelangt man zuweilen zu einer passenden Kombination. Das Bedürfnis nach einer kontinuierlich verstellbaren Unterlage wird aber durch zwei Vorrichtungen befriedigt. Die eine, einfachere Vorrichtung, als deren Urheber Paul Drude genannt wird, kann sich jeder in folgender Weise leicht herstellen: Einen rechteckigen Klotz säge man entzwei, so daß zwei rechtwinklige prismatische Keile entstehen. Die durch den Schnitt entstandenen Hypotenusenflächen dieser Keile beklebe man mit Samt. Wenn man dann die beiden Keile mit den bezogenen Flächen aufeinander legt, so kann man sie gegeneinander verschieben und dadurch ihre Gesamthöhe um beliebig kleine Beträge verändern. Die Reibung der beiden Samtbekleidungen aneinander ist ausreichend, um innerhalb nicht gar zu weiter Grenzen und bei nicht allzu hoher Belastung jede beliebige Einstellung zu ermöglichen. — Ist die zu tragende Last größer, so bedient man sich mit Vorteil des in Fig. 6 veranschaulichten

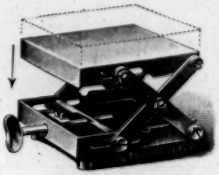

Fig. 6.

„verstellbaren Laboratoriumklotzes" nach F. Krüger. Auch dieser Apparat ist in seiner Konstruktion recht einfach. Seine obere Tischplatte wird von einer Scherenverbindung getragen. Das eine Paar der Scherenflügel (in der Figur links) wird in zwei Schlitzpaaren geführt. Durch Vortreiben oder Zurückziehen dieser Führung wird die Tragplatte gehoben bezw. gesenkt. Die Bewegung dieser Führung, und dadurch mittelbar die Höhenverstellung, geschieht durch eine Schraube mit abnehmbarem Schlüssel. Der

Apparat wird auch mit mehrfacher Scherenführung (Nürnberger Schere) gebaut und gestattet dann eine Höhenverstellung in noch weiteren Grenzen.

In Fällen, wo man eine sichere Führung mittels Schlitten und Schienen verlangt, erscheint mir die, meines Wissens von O. Leppin erdachte Anordnung der üblichen überlegen. Bei dieser Anordnung, die in Fig. 7 im Quer-

Fig. 7.

schnitt wiedergegeben ist, greifen die Schlitten nicht, wie üblich, von oben her über eine einzige Schiene. Wir haben hier durchweg zwei Schienen, und diese haben, wie die Figur erkennen läßt, die Gestalt dreiseitiger Prismen. Entsprechend sind die beiden Schlittenkufen mit V-förmigen Nuten versehen. Es greift aber nur die eine Nute von oben her über die Schiene, während die andere Nute die zugehörige Schiene von der Innenseite her umfaßt. Der Vorteil dieser Anordnung liegt auf der Hand: die Führung ist sehr sicher, und ein Entgleisen oder Herabfallen etwa ungleichmäßig belasteter Schlitten infolge seitlich angreifenden Zuges ist ausgeschlossen. Die Schlitten können, wenn sie von der Führung abgehoben werden, mit ihrer Unterfläche auf jeder Tischplatte sicher stehen. Bei geringerer Beanspruchung kann man die Ausführung dadurch wohlfeiler gestalten, daß man die prismatischen Schienen und V-förmigen Nuten durch solche von halbkreisförmigem Querschnitt ersetzt.

Eine sehr einfache Schlittenvorrichtung hat vor einigen Jahren Herr E. Grimsehl[1]) angegeben. Die in diesem Falle speziell als optische Bank gedachte Vorrichtung, die in ihrer für diesen Zweck dienenden Gesamtheit durch Fig. 8 veranschaulicht wird, läßt sich natürlich auch für andere Zwecke anwenden. Als Schiene benutzt Herr Grimsehl, wie Fig. 8 erkennen läßt, einen gewöhnlichen Holzmaßstab von recht-

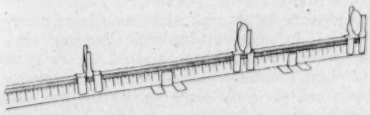

Fig. 8.

1) E. Grimsehl, Schülerübungen aus der Optik (5.) — Zeitschr. f. phys. u. chem. Unterr. 17, 205, 1904. Dieser Veröffentlichung sind auch die drei hier abgedruckten Figuren (8, 9, 10) entnommen.

eckigem Querschnitt, der auf zwei Füßen ruht. Diese Füße (siehe Fig. 9) werden aus schwarz gebeiztem Messingblech in einfachster Weise dadurch hergestellt, daß man durch seitliche, bis nahe an die Mitte geführte, Einschnitte das mittlere Dritteil des Bleches lockert und zu einer federnden Klemme aufwärts biegt. Aus dem gleichen Material wie die Füße der Schiene werden die Schlitten in ganz ähnlicher Weise hergestellt, nur biegt man hier die beiden äußeren Enden zu federnden Klemmen abwärts, während man die mittlere, aufwärts gebogene Klemme möglichst dem zu tragenden Gegenstande anpaßt (siehe Fig. 10).

Fig. 9.

Fig. 10.

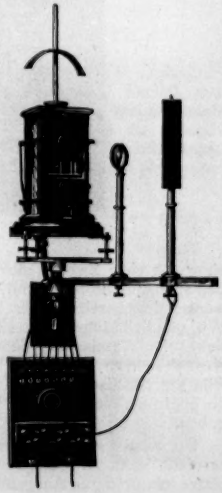

Fig. 11.

Dem häufig auftretenden Bedürfnisse, verschiedene Teile einer Versuchsanordnung unabhängig voneinander um eine gemeinsame Achse drehen zu können, kommt eine Konsole entgegen, welche meines Wissens der Firma Leppin & Masche geschützt ist und von der genannten Firma auch in Tischform geliefert wird. Mit Hilfe dieser Vorrichtung kann man die einzelnen Teile des Aufbaues gegeneinander verstellen, ohne die oft mit großer Mühe erreichte Zentrierung stören zu müssen. Fig. 11 zeigt eine solche Konsole mit Apparaten besetzt[1]).

Die Messung kleiner Zeiten läßt sich mit

1) In dieser Figur wird durch eine Versuchsanordnung, bestehend aus einem Galvanometer älterer Konstruktion und einer Beleuchtungsvorrichtung, die Einrichtung der Konsole und die Möglichkeit der Zentrierung veranschaulicht.

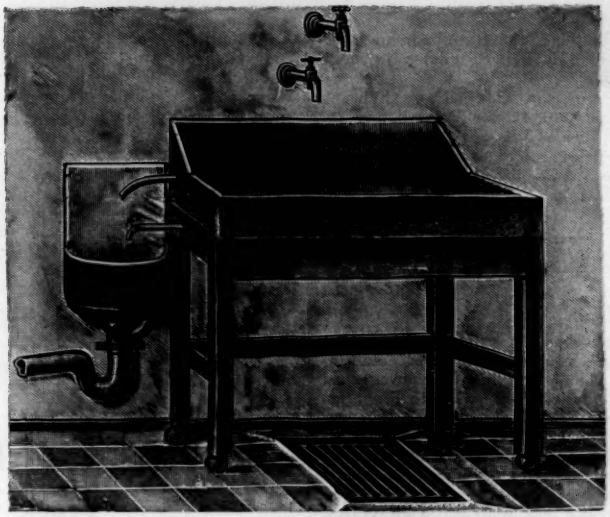

Fig. 12.

einer für viele Zwecke ausreichenden Genauigkeit auch ohne Stoppuhr und Metronom ausführen, worauf ich bereits früher hingewiesen habe [1]). Wie nämlich längst nicht allgemein bekannt ist, tickt eine Taschenuhr Fünftelsekunden. Eine Ausnahme von dieser Regel bilden einige wohlfeile amerikanische Fabrikate, die, ebenso wie die meisten Weckeruhren, Viertelsekunden angeben.

Oft macht sich der Übelstand fühlbar, daß es nicht leicht zu ermöglichen ist, am Arbeitsplatze ein größeres Ausgußbecken oder größere Wassermengen zur Verfügung zu haben. Wie sich diesem Übelstande verhältnismäßig leicht abhelfen läßt, zeigt Fig. 12. Wir sehen hier einen großen Wassertrog auf Rollen gesetzt. Das Abfluß- und das Überlaufrohr (in der Figur links) führen nicht unmittelbar in die Abflußleitung, sondern enden frei. Der gewöhnliche Platz dieses fahrbaren Troges ist unter den Zuflußhähnen der Wasserleitung. Die beiden Ablaufröhren enden dann über einem Ausgußbecken. Man kann nun das Abflußrohr des Troges verschließen, den Trog unter der Leitung mit Wasser füllen und ihn dann gefüllt an einen beliebigen Platz des Zimmers bringen. Man kann aber auch von der Wasserleitung zum Arbeitsplatz und von dort aus, am Abflußrohr des Troges beginnend, zum Ausgußbecken

[1]) Zeitschr. f. phys. u. chem. Unterr. 18, 224, 1905.

Schlauchleitungen führen. Ein solcher Trog kann u. a. in der Dunkelkammer unschätzbare Dienste leisten.

In Fällen, wo zur Herstellung einer längeren Schlauchleitung die Verwendung mehrerer Schlauchstücke erforderlich ist, wird man sich zweckmäßig des in Fig. 13 abgebildeten Schlauchverbindungsstückes bedienen. Dieses gestattet durch seine stufenförmige Verjüngung die Verbindung von Schläuchen mit verschiedener Lichtweite, während die Wulste einen sicheren Schutz

Fig. 13.

Fig. 14.

gegen ein Abgleiten bieten, den ein gewöhnliches Glasrohr nicht gewährt. Solche Verbindungsstücke lassen sich leicht aus Glasrohr herstellen. In anderem Material (Messing) sind sie in den einschlägigen Geschäften zu ganz niedrigem Preise käuflich. In diesem Zusammenhange müssen auch die — gleichfalls aus Glas oder Messing gefertigten — T- bzw. Y-förmigen Schlauchverbindungsstücke (Fig. 14—16) erwähnt werden, die bei Verzweigungen der Schlauchleitungen großen Nutzen bieten.

Ich wende mich nun der Besprechung der Gasbrenner zu. Der Bunsenbrenner gehört zum

Fig. 15.

Fig. 16.

eisernen Bestande unserer Laboratorien, indessen begegnen wir ihm meist in seiner altehrwürdigen Form. Dieser Form nun haften mancherlei Mängel an. Beispielsweise können irgendwelche Körper, die von oben her in das Brennerrohr hineinfallen oder hineintropfen, die Gasausströmungsöffnung leicht verstopfen. Will man während einer Arbeitspause um der Gasersparnis willen oder sonst aus Zweckmäßigkeitsgründen die Gaszufuhr vermindern, so hat man das lästige Zurückschlagen der Flamme zu befürchten. Die Liste derartiger Übelstände ließe sich unschwer erweitern. Nun haben aber bereits seit längerer Zeit eine Reihe einschlägiger Firmen zahlreiche verbesserte Formen des Bunsenbrenners in den Handel gebracht, die durchaus geeignet sind, den genannten Übelständen abzuhelfen. Wenn trotzdem diese verbesserten Brenner ungeachtet ihres kaum höheren Preises nur vereinzelt Eingang in die physikalischen Laboratorien gefunden haben, so ist dies wohl nur dadurch zu erklären, daß sie noch nicht allgemein genug bekannt sind. Aus dieser Erwägung heraus erachte ich es für angebracht, einige dieser Brennerformen hier zu besprechen. Ihre Zahl ist aber so groß, daß ich nur einige wenige, mir besonders zweckmäßig erscheinende Haupttypen erwähnen kann.

Ein Verschmutzen des Brennrohres ist bei der überaus einfachen Brennerkonstruktion nach Allihn (von der Firma Warmbrunn, Quilitz & Co. hergestellt) so gut wie ausgeschlossen. Fig. 17 und 18 zeigen diesen Brenner. Wir sehen in Fig. 17 den gebrauchsfertigen Brenner in seinen Fuß eingeschraubt; Fig. 18 veranschaulicht den Brenner ohne Fuß, wie er bequem in irgendeine Klemme eingespannt werden kann. Der eigentliche Brenner besteht, wie aus der Figur ersichtlich, aus dem Brennrohr AC und dem seitlich angesetzten Gaszuführungsrohr B. Während der gewöhnliche Bunsenbrenner eine in den Fuß eingeschraubte Gasausströmungsspitze besitzt, fällt solche hier fort. Das Gas tritt vielmehr durch die feine Öffnung in der Wandung des Rohres AC

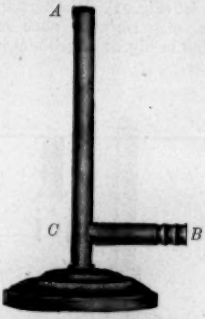

Fig. 17.

Fig. 18.

an der Ansatzstelle von B ein. Die Luftzufuhr erfolgt von unten her, durch C, ähnlich wie bei dem in Fig. 19 abgebildeten Brenner nach Marshall. Offenbar wird durch das überall gleich weite und durch keine Ausströmungsspitze verengte, unten offene Rohr AC jeder

Fig. 19.

Fig. 20.

Fremdkörper glatt hindurchfallen. Sollte sich die Gaseinströmungsöffnung in der Rohrwandung durch Kohleteilchen oder dergleichen verstopfen, so braucht man nur die gegenüberliegende, für gewöhnlich durch eine kleine Schraube verschlossene Öffnung frei zu machen, von hier aus eine feine Nadel einzuführen, und mit dieser die Gaszuführungsöffnung zu säubern.

Einer Verunreinigung vorhandener Bunsenbrenner älterer Konstruktion durch hereinfallende Fremdkörper kann man durch Verwendung des in Fig. 20 abgebildeten Aufsatzstückes begegnen. Die Wirkungsweise dieses Aufsatzes ist so einleuchtend, daß ich hierauf nicht weiter einzugehen brauche.

Sehr bequem sind Brenner mit kleiner Sparflamme, die beim Schließen des Hahnes weiter brennt und beim Öffnen des Hahnes die Haupt-

flamme wieder entzündet (Fig. 21). Ein Zurückschlagen der Flamme, mag sie auch noch so klein sein, wird bei dem in Fig. 22 abgebildeten

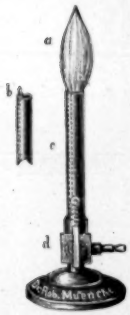

Fig. 21.

Fig. 22.

Brenner durch ein kleines Drahtnetz verhindert, das bei *a* in das Unterteil des Brenners eingelegt ist. Das Brennerrohr *b* wird darüber geschraubt. Diese Ausführungsform ist Herrn Dr. Robert Muencke in Berlin geschützt. Einem ähnlichen Zwecke dient eine Brennerform derselben Firma, die durch einen Stellring gekennzeichnet ist. Dieser Stellring schließt gleichzeitig die Gaszufuhr und die Luftzufuhr ab; hierdurch wird erreicht, daß stets eine der Gaszufuhr angemessene Luftmenge in das Brennerrohr eintritt, der Flamme also immer das günstigste Gasgemisch zugeführt wird. Infolgedessen kann selbst die kleinste Flamme niemals zurückschlagen.

Auch der, gleichfalls der genannten Firma geschützte, Brenner nach Engler (Fig. 23) verdient hier Erwähnung. Die Vorteile dieses Brenners bestehen darin, daß man durch Handhabung eines und desselben Stellgriffes nach

Fig. 23.

Belieben eine der Öffnungen *a*, *b*, *c* des Brennrohres vor die Gaszuführungsöffnung bringen und damit entweder eine entleuchtete blaue Heizflamme, oder eine leuchtende weiße Flamme, oder eine ganz kleine Flamme erhalten kann. Die Gaszufuhr erfolgt hier, wie bei dem weiter oben beschriebenen Allihnschen Brenner, von der Seite her, die Luftzufuhr von unten, so daß auch bei diesem Brenner ein Verschmutzen des Brennrohres völlig ausgeschlossen erscheint. Auch ein Zurückschlagen der Flamme wird durch die richtig bemessene Gaszufuhr vermieden.

In Deutschland kaum bekannt ist eine Brennerform, die seit einigen Jahren in Frankreich große Verbreitung erlangt hat. Es ist der „Bec Méker", der von der Firma Leune, rue du Cardinal Lemoine, Paris, vertrieben wird. Fig. 24 zeigt

Fig. 24.

diesen Mékerbrenner[1]). Er hat eine rechteckige Ausströmungsöffnung, die von einer großen Zahl kleiner, rostartig angeordneter Nickelplatten durchsetzt ist. Diese Vorkehrung ermöglicht eine starke Luftzufuhr ohne die Gefahr eines Zurückschlagens der Flamme. Der Brenner wird in verschiedenen Größen hergestellt. Bei einem Querschnitt der Ausströmungsöffnung von 2×5 cm beträgt die Flammenhöhe etwa 12 cm. Eine Ausführungsform für Speisung mit Generatorgas wird bis zu 13 cm Seitenlänge der Ausströmungsöffnung gebaut. Herr Méker erreicht angeblich mit seinem Brenner in einem Muffelofen Temperaturen bis zu 1600°[2]).

Von weiteren praktischen Brennertypen,

1) Diese Figur entstammt der Arbeit des Herrn Hans Schmidt, „Prüfung der Strahlungsgesetze der Bunsenflamme". Diss. Berlin, 1909. — Für die Genehmigung zum Abdruck bin ich Herrn Schmidt, sowie der Verlagsanstalt Friedrich Vieweg & Sohn zu Dank verpflichtet.

2) Vgl. den Bericht der Herren Moulin und Saphores über die Ausstellung der Société française de Physique, diese Zeitschr. 10, 390, 1909.

deren es ungezählte gibt, möchte ich nur noch einige wenige ganz kurz erwähnen: so einen ganz aus Porzellan hergestellten Brenner; einen Mehrfachbrenner, dessen einzelne Flammen nach Belieben durch einen einfachen Handgriff ausgeschaltet werden können; schließlich noch Brenner, die für jede beliebige Brenngassorte verwendbar sind. Es würde zu weit führen, wollte ich eine ausführliche Beschreibung all dieser Brenner geben. Die wenigen angeführten Beispiele zeigen schon zur Genüge, daß man leicht und ohne erhebliche Kosten das Geeignete erhalten kann, daß man nicht mehr auf den altehrwürdigen Bunsenbrenner allein angewiesen ist, und daß vor allen Dingen den oben genannten Hauptübelständen dieses Brenners unschwer abgeholfen werden kann[1]). —

Mancherlei Schwierigkeiten entstehen bei der Beleuchtung der photographischen Dunkelkammer. Ein einfaches und billiges Auskunftsmittel besteht darin, die Fenster des in eine Dunkelkammer zu verwandelnden Raumes mit einigen Lagen gewöhnlichen braunen Packpapiers zu verkleiden. Ich habe dieses Mittel an hellen Sommertagen mit bestem Erfolg in einem vierfenstrigen Gasthauszimmer angewandt.

Eine sehr angenehme Beleuchtung des Arbeitsplatzes in der Dunkelkammer erzielt man durch eine elektrische Glühlampe von der bekannten Röhrenform, die man in horizontaler Lage hinter bezw. über einer Rubinglasplatte anordnet (siehe Fig. 25 bis 27). Die horizontale Anordnung der

Fig. 25.

Fig. 26.

Lampe gestattet offenbar die beste Ausnutzung ihrer Lichtstrahlung am Arbeitsplatze selbst. Man kann natürlich eine solche Röhrenlampe auch in einem Rubinglaszylinder anordnen. — Glühbirnen aus rotem Glase sind nicht immer einwandfrei und daher vorher spektral zu untersuchen.

Die Orientierung in der Dunkelkammer und

1) Auf die von Beckmann angegebene Brennerform für Spektraluntersuchungen gehe ich hier nicht ein, weil es, wie eingangs erwähnt, außerhalb meines Rahmens liegt, Spezialapparate anzuführen, selbst wenn sie so vorzüglich und zweckmäßig sind wie diese. Übrigens hat Herr Kreusler (Verh. d. D. Phys. Ges. 7, 59, 1905) einen ähnlichen Brenner für Thalliumlicht angegeben.

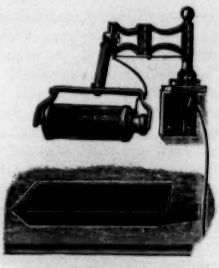

Fig. 27.

im verdunkelten Arbeitsraum überhaupt kann man sich nach dem Vorgange des Herrn H. J. Reiff[1]) durch kleine Leuchtschilder erleichtern.

Die Poggendorffsche Ablesung mit Fernrohr, Spiegel und Skala läßt sich durch einige Hilfsmittel bequemer gestalten, die ich jetzt erwähnen will. In erster Linie ist die seitlich beleuchtete Glasskala zu nennen, die von F. F. Martens angegeben worden ist[2]). Bei dieser Skala, die in Fig. 28 abgebildet ist, erscheinen die Marken hell auf dunklem Grunde. Diese Skala ist gegenüber den gewöhnlich zur Spiegelablesung benutzten Papierskalen, bei denen die Teilstriche mit schwarzem Farbstoff aufgetragen sind, durch eine Reihe von Vorzügen ausgezeichnet. Zunächst sind die einzelnen Intervalle konstanter, weil die Marken auf der Teilmaschine hergestellt werden und das Skalenmaterial starrer ist. Die Teilstriche sind wesentlich feiner herzustellen, als es mit irgendeinem Farbstoff möglich ist. Die Beleuchtung ist längs der ganzen Skala gleichmäßig stark. In Verbindung mit dieser Skala verwendet man zweckmäßig das von V. Wellmann[3]) angegebene Okular mit Lichtlinie. In diesem Okular (siehe Fig. 29) ist die Fadenmarke durch einen Diamantstrich auf einer Glasplatte (in der Fig. 29 durch die gestrichelte Linie gekennzeichnet) ersetzt. Wird diese Platte von ihrer hohen Kante her seitlich beleuchtet, so erscheint die Marke als feiner heller Strich auf dunklem Grunde. Richtet man hingegen das Fernrohr gegen das Helle, so erscheint der Strich dunkel auf hellem Grunde.

Will man eine Papierskala benutzen, ohne auf den Vorteil einer gleichmäßigen Helligkeit längs der ganzen Skala zu verzichten, so kann man mit Erfolg die, ursprünglich für Dekorationszwecke gedachte, „Spezialröhrenlampe“ der Firma Schwabe & Co. in Berlin verwenden.

1) Diese Zeitschr. 8, 826, 1907.
2) Zeitschr. f. Instrkde. 17, 298, 1897.
3) Astron. Nachr. 127, 366, 1891.

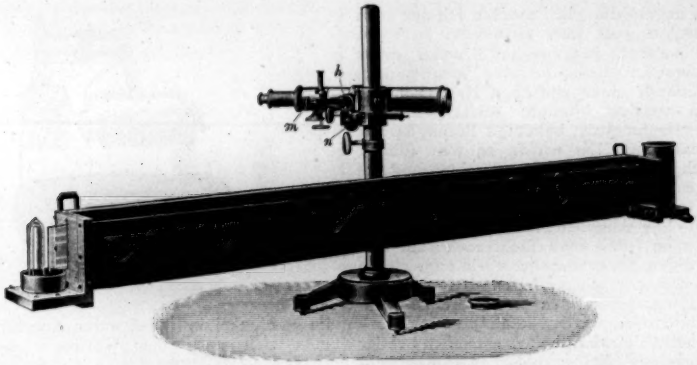

Fig. 28.

Diese Fadenglühlampe zeichnet sich durch folgende gute Eigenschaften aus: Sie enthält nur einen einfachen, gerade ausgespannten Glühfaden, ist also auf ihrer ganzen Länge gleich-

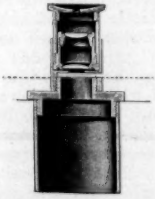

Fig. 29.

mäßig hell. (Dieser gerade Faden kann unter Umständen auch als Lichtlinie gute Dienste leisten.) Die Glaswandung der Lampe ist etwa auf der Hälfte ihres Umfanges ihrer ganzen Länge nach versilbert, so daß sie als Reflektor wirkt. Die Röhrenlampe trägt an jedem Ende einen Messingschuh, der mit dem Glühfaden metallisch verbunden ist, also als Elektrode dient; demnach ist jedes Ende der Lampe ein Pol. Die Stromentnahme erfolgt durch besondere federnde Fassungen, von denen jede nur mit einem Pole der Stromquelle in Verbindung steht. Die Montierung der Lampe ist die denkbar einfachste: Man klemmt nur die Lampe mit ihren Polschuhen in die federnden Fassungen ein. Alles Schrauben kommt in Wegfall. Da die Pole durch die ganze Lampenlänge voneinander getrennt sind, so kann die Gefahr eines Kurzschlusses als ausgeschlossen gelten; überdies lassen sich zu größerer Sicherheit auf die Fassungen noch gleichfalls federnde Schutzkappen aufsetzen. Will man mehrere Lampen der Länge nach hintereinander schalten, etwa um eine längere Skala zu beleuchten, so schaltet man zweckmäßig nach dem Schema $+-$, $-+$, $+-$ usf.

Ein Verfahren, die bei der Ablesung oftmals so sehr störenden Vertikalschwankungen des aufgehängten Spiegels unschädlich zu machen, hat vor einigen Jahren Edwin F. Northrup vorgeschlagen[1]). Herr Northrup ersetzt den üblichen Spiegel durch ein System von zwei kleinen Planspiegeln, die unter einem rechten Winkel gegeneinander geneigt sind und so an dem beweglichen System befestigt sind, daß ihre Berührungskante horizontal verläuft, und daß die Ebene jedes der beiden Spiegel mit der Horizontalebene einen Winkel von 45° bildet. Eine einfache Überlegung ergibt, daß bei einer Drehung des Spiegelsystems um eine horizontale Achse das Skalenbild im Fernrohr keine Verschiebung erfährt, sondern feststeht. Der kleine Nachteil, den der Intensitätsverlust infolge der zweimaligen Reflexion unter größerem Winkel an den geneigten Spiegelflächen mit sich bringt, dürfte gegenüber dem Vorteil, den das ruhende Skalenbild bei der Beobachtung bietet, gern mit in den Kauf genommen werden.

Die Galvanische Metall-Papier-Fabrik in Berlin liefert Papier mit einem Überzug von Nickel, Kupfer oder Silber zu niedrigen Preisen. Die metallische Oberfläche ist auf Hochglanz poliert. Diese Metallpapiere sind für mancherlei Zwecke verwendbar, beispielsweise als Strahlungsschutz gegen Wärmestrahlung, als elektrostatischer Schutz usw. Vielleicht ließen sich aus dem Silberpapier auch kleine Spiegelchen für Galvanometer und ähnliche Apparate anfertigen.

1) Electrician **59**, 188, 1907.

Es mögen nunmehr einige Hilfsmittel für elektrische Arbeiten Erwähnung finden: Zunächst einige Vorkehrungen zur Gewährleistung guter und sicherer Kontakte. Der dauerhafteste Kontakt dürfte wohl stets durch Verlöten erreicht werden. Es sei deshalb bei dieser Gelegenheit auf die vielen in den letzten Jahren auf den Markt gebrachten und teilweise genügend erprobten Lötmittel, wie Löthan, Ferrolöthan, Tinol u. a. m. hingewiesen, die auffallenderweise noch keineswegs allgemein bekannt und eingeführt sind, trotzdem sie das Löten in kürzester Zeit gestatten und besonders in solchen Fällen von Nutzen sind, wo der Lötkolben nicht gut anzuwenden ist.

Da die elektrischen Apparate im allgemeinen mit sehr verschiedenartigen Klemmen ausgestattet sind, so ist es für den Experimentator überaus vorteilhaft, Verbindungsschnüre mit entsprechend verschiedenen Endstücken jederzeit zur Hand zu haben. Dabei ist es wünschenswert, jede Schnur sofort mit jedem beliebigen Endkontakt ausrüsten, also die einzelnen Endkontakte ohne weiteres gegeneinander auswechseln zu können. Diesem Bedürfnis entsprechen die in Fig. 30[1]) (*a*—*e*) dargestellten Ausführungs-

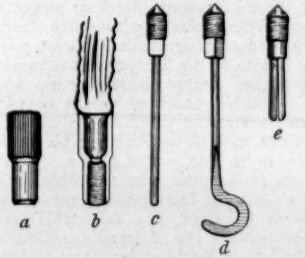

Fig. 30.

formen, die von Herrn Szymánski, dem Direktor der ersten Berliner Handwerkerschule, ersonnen worden sind. Zur Erläuterung der Figur ist folgendes zu bemerken: Das Stück *a*, das in *b* im Durchschnitt wiedergegeben ist, sitzt dauernd an der Verbindungsschnur fest, und zwar ist es mit dieser nicht durch Einlöten verbunden, da derartige Lötstellen erfahrungsgemäß sehr leicht brechen und dann die Sicherheit des Kontaktes empfindlich stören. Die Befestigung des Stückes *a* an der Leitungsschnur erfolgt deshalb in der Weise, daß die Endkonusse der Einschraubstifte (*c*, *d*, *e*) fest gegen das Gehäuse gepreßt werden. Um einen einwandfreien und völlig zuverlässigen Kontakt zu gewährleisten, legt man zweckmäßig noch zwischen Endkonus und Gehäuse ein wenig Stanniol. Die Litzenumhüllung wird mit Paragummi befestigt. Bei dieser Anordnung kann man ganz nach Bedarf die verschiedenen Anschlußstücke, wie Stift (*c*), flachen Haken (*d*), Steckkontakt (*e*) schnell gegeneinander auswechseln, ohne befürchten zu müssen, daß die Litze sich während des Ausschraubens lockern könnte. Es empfiehlt sich, den verschiedenen Stromstärken bezw. Litzendurchmessern entsprechend auch die Endstücke in verschiedenen Größen vorrätig zu halten.

Gute und sichere Kontakte werden auch durch die Quecksilber-Kontakt-Näpfe der Frankfurter Physikalischen Werkstätten gewährleistet. Ein solcher Kontaktnapf ist in Fig. 31 wiedergegeben, während Fig. 32 einen Vertikalschnitt

Fig. 31.

Fig. 32.

durch den Napf darstellt. Wie die letztere Figur erkennen läßt, wird der aus isolierendem Material gefertigte Napf durch einen aufgeschraubten Deckel verschlossen. Durch diesen Deckel führen vier konische Löcher. Unmittelbar unter dem Deckel liegt eine Kautschukplatte, die durch eine Metallscheibe fest an den Deckel angepreßt wird. Die Metallscheibe ihrerseits wird von vier Löchern durchsetzt, die denen des Deckels genau entsprechen. Der Hohlraum unter der Metallscheibe wird mit Quecksilber gefüllt. Die Wandungen dieses Hohlraumes sind paraffiniert. Will man nun einen Kontakt zwischen zwei Drähten herstellen, so führt man deren Enden durch je eines der konischen Löcher des Deckels ein; dabei wird die dünne Kautschukplatte durchstoßen und legt sich fest um den Draht, der seinerseits durch das Loch in der Metallscheibe hindurch in das Quecksilber eintaucht. Wird der Draht wieder herausgezogen, so schließt sich die Kautschukplatte sogleich wieder. Das Quecksilber ist also immer nach außen hin abgeschlossen und kann daher weder verspritzt noch verschmutzt werden. Etwa abgenutzte Kautschukplatten lassen sich für wenige Pfennige

1) Diese Figur ist nach Vorlagen hergestellt worden, die Herr Br. Glatzel in liebenswürdiger Weise zur Verfügung gestellt hat. Das Klischee wurde von der Verlagsanstalt B. G. Teubner zum Abdruck an dieser Stelle freundlichst hergeliehen.

ersetzen. Der starke Sockel des Kontaktnapfes gestattet ein Anschrauben von unten her an Grundbretter anderer Apparate usw. Infolge ihres niedrigen Preises dürften diese Quecksilber-Kontakt-Näpfe bald größere Verbreitung erlangen.

Der oftmals mangelhafte Kontakt, den die übliche Klemmschraube liefert, dürfte durch die Federklemme, die in Fig. 33 abgebildet ist,

Fig. 33.

verbessert werden. Wie in der Figur angedeutet ist, enthält diese Klemme scherenartig ineinandergreifende Körper, welche mittels Federdruckes die zu verbindenden Drähte fassen. — Für den Anschluß an blanke Drähte oder Bleche können die bekannten hölzernen Kopierklammern des Photographen zweckmäßig Verwendung finden, wenn sie, wie in Fig. 34, mit Metallstreifen und Klemmschrauben ausgestattet werden. — Überaus zweckmäßig erscheint mir auch eine Anordnung, die ich kürzlich bei einem Arbeiter sah, der seitens des Amtes zur Prüfung meines Fernsprechanschlusses entsandt war. An die

Fig. 34.

Fig. 35.

freien Enden der an seinen Kontrollapparat angeschlossenen Drähte war je eine kleine Klammer angelötet, wie sie Fig. 35 zeigt, Klammern, die man als Huthalter oder als Krawattenklammern für wenige Pfennige überall erhalten kann. Mit Hilfe dieser einfachen und billigen Einrichtung läßt sich der Apparat augenblicklich überall anschließen.

Eine einfache und überaus bequeme Vorrichtung für die rasche Herstellung von Glühlampenwiderständen, die übrigens unter Umständen auch für andere Fälle, etwa für Beleuchtungszwecke, Verwendung finden kann, besitzen wir in den Illuminationsfassungen der Firma Siemens & Halske. Diese Fassungen tragen die Zuleitungen in Gestalt von Streifen aus Kupfer- oder Messingblech an zwei einander diametral gegenüberliegenden Stellen, so daß ein Kurzschluß kaum zu befürchten ist. Die Zuleitungsbleche sind unten zu federnden Klemmen umgebogen, die mit Leichtigkeit gut schließend an den beiden Leitungsdrähten befestigt werden können. Die Leitungsdrähte ihrerseits werden blank auf Isolierknöpfen parallel zueinander ausgespannt.

Für die Verlegung blanker Leitungen kommt als vortreffliches Hilfsmittel das „Ferronit" in Betracht. Dies ist ein sehr hartes Isoliermaterial, das von der Harburger Gummi-Kamm-Co., Dr. Heinrich Traun, in den Handel gebracht wird. Die genannte Firma stellt aus Ferronit Nägel, Haken, Schrauben und Krampen in den verschiedensten Formen her, die sich leicht in Holz eintreiben lassen. (Man vermeide indessen, dabei einen Stahlhammer zu benutzen!)

Das übliche Isoliermaterial für Kupferdrähte, wie sie in Spulen zur Anwendung gelangen, war bislang eine Umspinnung mit Baumwolle oder, wo es auf Raumersparnis ankam, mit Seide. Diesem Isolationsverfahren haften aber große Mängel an. Zunächst ist das Umspinnungsmaterial mehr oder minder hygroskopisch; es ist ferner keineswegs säurefest; wegen seiner geringen Wärmeleitfähigkeit werden die Spulen bei Stromdurchgang rasch erwärmt, und die obere Grenze für die Temperaturbeanspruchung umsponnener Drähte beträgt etwa 80 bis 90° C. Der Hauptnachteil besteht aber in dem großen Raumverlust durch die Isolation. Einen Fortschritt nach dieser Richtung hin bedeutete es, als es in den ersten Jahren dieses Jahrhunderts in Amerika gelang, Drähte bis hinab auf etwa 0,2 mm Durchmesser mit einem isolierenden Überzuge von Zellulose-Tetraazetat zu überziehen. Die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin nahm dann in Deutschland die Fabrikation dieses „Azetatdrahts" auf. Es gelang ihr aber bald, noch wesentlich dünnere Drähte in ähnlicher Weise durch einen Überzug zu isolieren, der aber nunmehr aus einer Emaille besteht. Die Gesellschaft stellt statt des Azetatdrahts jetzt nur noch den „Emailledraht" her, auf dessen Vorzüge ich hier etwas näher eingehen muß, da sie nach meinen Erfahrungen keineswegs allgemein bekannt sind. Zunächst ist die Raumausnützung eine wesentlich günstigere; beispielsweise beträgt der äußere Durchmesser eines isolierten 0,1 mm starken Kupferdrahts bei einfacher Umspinnung mit Baumwolle 0,18 mm, bei einfacher Umspinnung mit Seide 0,15 mm und bei Isolierung mit Emailleüberzug 0,12 mm. Das Isolationsmaterial ist so widerstandsfähig, daß man den Emailledraht auf Rollen von drei- bis vierfacher Stärke seines Eigendurchmessers

ungefährdet aufwickeln kann. Wegen des größeren Wärmeleitvermögens der Emaille ist die Erwärmung durch den Strom nicht so schädlich wie bei umsponnenem Draht; überdies erträgt die Emaillehülle Temperaturen bis zu 150° C dauernd ohne Schädigung; man kann deshalb in vielen Fällen bei Anwendung von Emailledraht mit geringeren Drahtstärken auskommen als bei Benutzung umsponnenen Drahtes. Die Durchschlagsspannung der Emaille-Isolation ist weit höher als die der Baumwoll- oder der Seidenbespinnung. Schließlich ist für die Verwendbarkeit des Emailledrahts noch wichtig, daß ihn Säuren erst bei höherer Konzentration angreifen. Alkalien vermag er indessen nicht standzuhalten. Benzin, Benzol, Alkohol und Azeton beschädigen ihn nur in der Wärme; vor der Einwirkung von Terpentin, Chloroform und Tetrachlorkohlenstoff muß er dagegen unbedingt geschützt werden[1]).

Handelt es sich darum, Gase, die man in Glasröhren eingeschlossen hat, zusammenzubringen, ohne den Verschluß zu öffnen, so empfiehlt sich die Verwendung der von Herrn K. Prytz[2]) angegebenen „porösen Kontakte". Es sind dies mittels Siegellacks in die Röhren eingekittete Schamottepfropfen. Die eine der beiden zu verbindenden Röhren trägt oben — oberhalb des Pfropfens — eine trichterartige Erweiterung, welche mit Quecksilber gefüllt ist. Das Quecksilber kann durch den Schamottepfropfen nicht hindurchdringen. In dieses Quecksilber taucht die andere, unten mit dem Stopfen versehene Röhre. Will man nun die beiden Gase zur Vereinigung bringen, so nähert man die Röhren einander so lange, bis die Schamottepfropfen zur gegenseitigen Berührung gelangen. Die Gase mischen sich dann durch Diffusion, da Schamotte für Gase völlig durchlässig ist. Diese Methode hat in neuester Zeit durch Herrn Alfred Stock[3]) insofern eine Verbesserung erfahren, als die Schamotte durch ein Gemisch aus Ton mit Wasserglas und Gummilösung ersetzt worden ist. Herr Stock rühmt seiner Mischung größere Porosität und größte Widerstandsfähigkeit gegen Säuren und Wasser nach. Ihr Hauptwert aber liegt darin, daß sie ohne weiteres Kittungsmaterial unmittelbar mit Glas verschmolzen werden kann.

Bei vielen Untersuchungen, beispielsweise bei Absorptionsmessungen, kommt es darauf an, eine Flüssigkeitsschicht von genau bestimmter Dicke zwischen planparallelen Wänden zu erhalten. Die Verwendung von Kitten ist wegen der Gefahr einer Verunreinigung oft nicht angängig, und man muß daher die Dichtung des Gefäßes auf andere Weise bewerkstelligen. Herr L. Puccianti hat einen sehr zweckmäßigen Trog angegeben[1]). Die planparallelen Wände des Troges werden von zwei planparallelen Platten aus Glas gebildet, an deren Stelle natürlich bei Bedarf auch Platten aus anderem Material treten können. Ein Glasring von der Dicke der gewünschten Flüssigkeitsschicht hält die Platten auseinander. Eine dosenartige zweiteilige Armierung aus Buchsbaumholz, die durch Klammern zusammengehalten wird, preßt die Platten gegen den Ring. Die Armierung ist rings um den Glasring mit einer ringförmigen Aussparung versehen, die mit gut gereinigtem und getrocknetem Quecksilber angefüllt wird. Diese Quecksilberdichtung ist zwar durchaus zuverlässig, aber oftmals recht unbequem, besonders wenn eine öftere Auswechslung der Flüssigkeiten in dem Troge erforderlich wird. Ich habe es deshalb vorgezogen[2]), abgesehen von konstruktionellen Vereinfachungen, die ringförmige Aussparung mit der gleichen Flüssigkeit zu füllen, die in dem Troge vorhanden ist, so daß die zu untersuchende Substanz, abgesehen von den Trogwandungen, mit keiner anderen in Berührung kommt.

Naturgemäß läßt sich aber die Verwendung von Kitten und Klebemitteln nur in verhältnismäßig seltenen Fällen ganz vermeiden. Wo eine solche Umgehung nicht möglich ist, wird es oft recht schwer sein, die richtige Substanz ausfindig zu machen. Je nach den miteinander zu verbindenden Körpern werden verschiedene Mittel in Frage kommen. Auch die Anforderungen an die Widerstandsfähigkeit gegen Wärme und Feuchtigkeit, sowie gegen chemische Einflüsse müssen von Fall zu Fall in Betracht gezogen werden. Ein Eingehen auf die zahlreichen erprobten Kitte und Klebemittel würde mich hier zu weit führen und muß deshalb einer späteren Gelegenheit vorbehalten bleiben. Ich möchte indessen nicht unterlassen, auf einige wertvolle Monographien über diesen Gegenstand hinzuweisen, nämlich auf die folgenden Arbeiten:

Sigmund Lehner, Die Kitte und Klebemittel. (A. Hartlebens chemisch-technische Bibliothek, XXV. Band.) Wien, A. Hartleben, 6. Aufl. 1904. Geb. M. 2,60.

W. Jeep, Anfertigung der Kitte und Klebemittel für die verschiedensten Gegenstände. Leipzig (früher Weimar), B. F. Voigt. 1895. M. 2.50.

C. Breuer, Kitte. Hannover, Jänecke. 1907. M. 3,80.

1) Vgl. R. Apt, Über Emailledraht, ETZ. 1907, S. 592.
2) Ann. d. Phys. (4) 18, 617—627, 1903.
3) Verh. d. D. Phys. Ges. 10, 19, 1908.

1) Spettri di assorbimento di liquidi nell'ultrarosso. Nuovo Cim. (4) 11, April 1900.
2) Über das ultrarote Absorptionsspektrum einiger organischer Flüssigkeiten. Diese Zeitschr. 5, 271, 1904.

Bei den üblichen einfachen Wasserstrahlpumpen macht sich häufig der Übelstand sehr unangenehm bemerkbar, daß beim Abstellen des Wasserzulaufs die im inneren Teile der Pumpe befindliche Flüssigkeit in den oberen evakuierten Teil, wohl auch gar in den auszupumpenden Apparat, eindringt. Die verschiedenen zur Vermeidung dieses Zurücksteigens vorgeschlagenen Ventile erfüllen ihren Zweck nicht immer mit Sicherheit. Hier soll nun die einfache und wohlfeile „Wasserstrahl-Luftpumpe mit automatischem Ventilverschluß" nach Dr. Muencke (Fig. 36) Abhilfe schaffen. Bei dieser

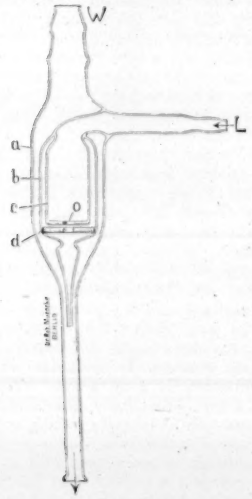

Fig. 36.

Pumpe wird statt des Ventils eine geschliffene Glasplatte verwendet. Der Apparat arbeitet folgendermaßen: Das bei *W* einströmende Wasser dringt zwischen *a* und *b* hindurch und erzeugt in bekannter Weise die saugende Wirkung innerhalb des Gefäßes *c*. Dieses Gefäß nun hat in seinem unten glatt geschliffenen Boden eine Öffnung *o*. Sobald der Wasserzufluß unterbrochen wird, preßt der Luftdruck, der sonst die Flüssigkeit nach *c* drückt, die geschliffene Ventilplatte *d* nach oben, so daß sie die Öffnung *o* automatisch verschließt.

Große Schwierigkeiten bereitet oftmals das Polieren empfindlicher Metallflächen, beispielsweise dünner Silberspiegel auf Glas. Für solche Fälle hat kürzlich Herr A. H. Pfund[1]) ein ebenso einfaches wie bequemes Verfahren vorgeschlagen und nach seinen Mitteilungen auch erfolgreich angewendet. Herr Pfund verwendet als Poliermittel feinstes, gut trockenes Polierrot und als Träger hierfür eine möglichst weiche Puderquaste aus Flaumfedern. Den Stiel der Puderquaste spannt er in die Klemmbacken einer Drehbank ein. Wie Herr Pfund angibt, lassen sich mit dieser Vorrichtung selbst halbdurchsichtige Silberspiegel ungefährdet polieren.

Ich möchte nun noch einige Bemerkungen über die Wiedergewinnung verschütteten Quecksilbers, das Schmerzenskind aller Laboratorien, machen. Eine ringsum in die Arbeitstische eingegrabene Nute zur Aufnahme auf den Tisch fallenden Quecksilbers in Verbindung mit einer für gewöhnlich durch einen Stopfen verschlossenen Abflußöffnung bietet gewiß mancherlei Vorteile, kann aber oftmals beim Aufbau der Apparatur hinderlich sein und versagt überdies naturgemäß überall da, wo das Quecksilber nicht auf die Tischplatte auffällt. Es ist daher ein von Herrn Will C. Baker vorgeschlagenes Verfahren[1]) sehr willkommen, das man kurz als „Methode der umgekehrt wirkenden Spritzflasche" bezeichnen kann: In einen einfachen Glaskolben führt man durch einen doppelt durchbohrten Gummistopfen zwei kurze Glasröhren ein. Die eine dieser Röhren setzt man unter Vermittlung eines Druckschlauchs mit einer Wasserstrahlsaugpumpe in Verbindung, die andere durch ein kurzes Schlauchstückchen mit einer weiteren kurzen Glasröhre, deren anderes Ende man zuvor zu einer langen Kapillaren ausgezogen hat. Die Arbeitsweise dieses Apparats ist nun sehr einfach: Man setzt die Saugpumpe in Gang und nähert das freie Ende der Kapillaren einem Quecksilbertropfen. Sogleich wird der Tropfen in die Kapillare hineingesogen. Von Zeit zu Zeit hebt man das bewegliche Röhrchen mit der Kapillaren an, um das in ihm und dem Schlauchstückchen angesammelte Quecksilber in den Kolben fließen zu lassen. Die Kapillare kann man natürlich so fein ausziehen, daß man verschüttetes Quecksilber selbst aus solchen Ritzen und Fugen hervorsaugen kann, deren Breite noch unter einem halben Millimeter liegt. Allerdings wird man dann Störungen im Betriebe des Apparats infolge von Verstopfung der Kapillarenmündung durch Staub und Schmutz ausgesetzt sein; deshalb empfiehlt Herr Baker, die Kapillare anfänglich 10 bis 15 cm lang zu wählen und bei eintretender Verstopfung einfach ein 4 bis 5 mm langes Stückchen abzubrechen, um die Vorrichtung sofort wieder betriebsfähig zu machen. Es würde übrigens auch empfehlenswert sein, mehrere Mundstücke vorrätig zu halten. Die

1) Eine Neubestimmung der Wellenlängen der zu Vergleichszwecken dienenden Eisenlinien. Zeitschr. f. wiss. Photogr. 7, 1, 1909.

1) Phil. Mag. (6) **13**, 656, 1907.

spätere Reinigung des wieder gesammelten Quecksilbers nach den bekannten Methoden bietet natürlich keine besonderen Schwierigkeiten. Da eine Wasserstrahlpumpe, Druckschlauch und Glasröhren in jedem Laboratorium zu finden sind, so ist überall Gelegenheit geboten, nach dem Verfahren des Herrn Baker das verschüttete und verspritzte Quecksilber mit höchstens ganz geringen Verlusten ohne Kosten wieder zu gewinnen.

Für die Wiedergewinnung größerer Quecksilbermengen käme neben der in Fig. 37 ab-

Fig. 37.

gebildeten Quecksilberzange, deren Verwendungsweise ohne jede weitere Erläuterung klar sein dürfte, vor allen Dingen noch die in Fig. 38 dargestellte, von F. W. Braun angegebene Quecksilberschippe in Betracht. Das zu sammelnde Quecksilber wird mittels einer Bürste auf die Fläche *S* der Schippe gefegt; es läuft dann in die Rinne *a*, die bis zu der zwischen *a* und *b* punktiert gezeichneten Linie reicht. Um die Rinne zu entleeren, zieht man den Schieber *b* vor, worauf das Quecksilber aus

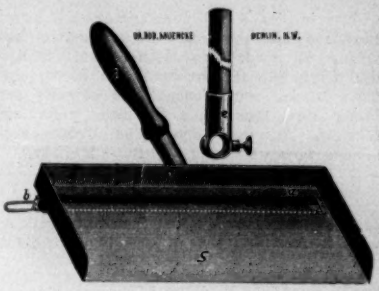

Fig. 38.

einer in der Rinne vorgesehenen kleinen Öffnung in das Sammelgefäß fließt.

Ich habe im vorstehenden in bunter Reihe eine Anzahl praktischer Laboratoriumshilfsmittel vorgeführt. Ihre Zahl ließe sich zweifellos beliebig vervielfachen. Jeder, der einmal mit Laboratoriumsarbeiten beschäftigt gewesen ist, wird allerlei Kunstgriffe kennen. Wenn meine kleine Veröffentlichung, die keineswegs Anpruch darauf erhebt, nur Neues zu bringen, den einen oder den anderen Forscher veranlassen sollte, seine Erfahrungen auf diesem Gebiete bekannt zu geben, so würde sie ihren Zweck erfüllt haben.

Zehlendorf (Wannseebahn), im Juli 1909.

(Eingegangen 9. Juli 1909.)

BESPRECHUNGEN.

E. Bichat u. R. Blondlot, Introduction à l'étude de l'Électricité Statique et de Magnetisme. Zweite, vollkommen umgeänderte Auflage. Paris 1907, Gauthier-Villars.

Wir haben es hier mit einem klaren, nach wohldurchdachtem pädagogischem Plane geschriebenen Buche zu tun, das wohl geeignet erscheint, „eine Überleitung von der elementaren zur höheren Theorie der Elektrizität zu geben". Der Standpunkt ist, obwohl von Faradayschen Röhren, Kraftlinien, Dielektrizitätskonstante usw. gesprochen wird (der Begriff der Permeabilität wird merkwürdigerweise nicht erwähnt), derjenige der Fernwirkungstheorie. In der Tat leistet diese hier der Elektrostatik und Magnetostatik dasselbe wie die „Feldtheorien" und ist dem Anfänger vielleicht zugänglicher als diese. Alles in allem glaube ich, daß das Buch imstande ist, dem Anfänger klare Begriffe zu vermitteln; allerdings befürchte ich auch, daß es in demselben den Eindruck hinterlassen wird, als ob das behandelte Gebiet für alle Zeiten abgeschlossen sei; von Problemen und Fragestellungen ist allzuwenig die Rede. Cl. Schaefer.

Paul Steffens, Über den Einfluß elektrischer Ströme auf den Blutkreislauf des Menschen. (Zwanglose Abhandlungen aus dem Gebiete der Elektrotherapie und Radiologie. Heft 7.) 75 S. m. 8 Tafeln. Leipzig, Joh. Ambr. Barth. 1908. M. 3.—

Nach einer Übersicht über die bisherigen Forschungen folgt eine Beschreibung von 66 plethysmographischen Versuchen. Der Verf. findet eine direkte Einwirkung galvanischer und faradischer Ströme auf den Blutkreislauf des Menschen. Galvanische Ströme bewirken bei der Schließung und Öffnung eine deutliche Volumenverminderung in muskulären Gebieten. Außerdem findet auch während der Dauer des Stromes eine länger dauernde Volumenverminderung in dem vom elektrischen Strome durchflossenen Gebiet statt. Faradische Ströme be-

wirken in der Regel unmittelbar nach ihrem Einsetzen ein plötzliches Sinken der Gefäßfüllung in muskulären Körperteilen. Infolge der durch den faradischen Strom hervorgerufenen Muskelkontraktionen findet während der Dauer des faradischen Stromes meist ein schneller Ausgleich der ersten Volumenverminderung statt. Paul Heiberg.

Tagesereignisse.

92. Jahresversammlung der Société helvétique des Sciences naturelles in Lausanne vom 5. bis 8. September 1909.

In den allgemeinen Sitzungen sprechen:

E. de Magerie: Le Jura.
S. Finsterwalder: Aerodynamische Grundlagen der Luftschiffahrt.
A. Forel: Psychologie comparée déterminisme et théorie de la mnéme.
F. Sarasin: Über die Geschichte der Tierwelt von Ceylon.
R. Gautier: Quelques résultats importants fournis récemment par la photographie astronomique.
M. Rickli: Naturhistorische Reiseeindrücke aus Grönland.

Vorläufiges Programm der phys.-math. und chem. Sektionssitzungen.

Physikalische und mathematische Sektion.

1. P. Chappuis (Basel): Influence de l'air dissout sur la densité de l'eau.
2. Gockel (Freiburg): Über Radioaktivität der Gesteine.
3. H. Dufour und A. Rosselet (Lausanne): Recherches sur les phénomènes actino-électriques.
4. A. Hagenbach (Basel): Spektroskopische Untersuchungen des Bogens unter vermindertem Druck.
5. L. de la Rive (Genf): Sur le point d'inflexion de la ligne d'aimantation dans une couche sphérique.
6. R. Billwyler (Zürich): Die Notwendigkeit des Windschutzes von Regenmessern auf Bergstationen; Modell eines geschützten Ombrometers.
7. de Rowalsky (Freiburg): Sur la phosphorescence.
8. J. Maurer (Zürich): Sujet indiqué plus tard.
9. P. L. Mercanton (Lausanne):
   1. Résidu des Condensateurs et action mécanique;
   2. (eventuell) P. Mercanton und J. Meystre: Recherches phosphoroscopiques.
10. Gruner (Bern): Einige Bemerkungen zu der Elektronentheorie der Metalle.
11. F. A. Forel (Lausanne): Variations séculaires de la pluie.
12. H. F. Weber: Die Größe der Solarkonstante.

Chemische Sektion.

1. Frédéric Reverdin (Genf): Dérivés du *p*-aminophénol.
2. Wolf-Johannes Müller (Mülhausen): Beiträge zur Färbentheorie.
3. Aimé Pictet (Genf): Synthèse de la papavérine.
4. F. R. Richter (Basel): Über die Oxydation von Jode durch Ozone.
5. Ph. A. Guye (Genf): Quelques nouveaux résultats dans le travail de revision des poids atomiques.
6. G. Baume (Genf): Sur quelques essais métallographiques.
7. A. Werner (Zürich): (Le sujet sera indiqué plus tard).
8. F. L. Perrot (Genf): Sur quelques constantes physico-chimiques des gaz liquéfiés.
9. H. Kipe (Basel): Eine Frage der Stereochemie.
10. E. Briner (Genf): Action chimique d'une pression très élevée sur les mélanges gazeux.
11. E. Cardoso (Genf): Densités orthobares de l'anhydride sulfureux.
12. L. Pelet (Lausanne): Sur les combinaisons d'absorption.
13. P. Dutoit (Lausanne): Méthodes physico-chimiques de dosage volumétrique.
14. H. Brunner (Lausanne):
    1. Sur l'acide-urique;
    2. Sur l'Acétone.

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Habilitiert: An der Technischen Hochschule Darmstadt Dr. Johannes D'Ans für allgemeine Chemie, an der Universität Tübingen Dr. Alfred Kliegl für Chemie, an der Universität Berlin Dr. Wilh. Lunz für anorganische Chemie, an der Universität Freiburg Dr. Wolfgang Gaede für Physik.

Ernannt: Der Professor an der Akademie für Sozial- und Handelswissenschaften zu Frankfurt a. M. Dr. Karl Marbe zum ord. Professor der Philosophie einschließlich Ästhetik an der Universität Würzburg, der Professor der physikalischen Chemie am Polytechnikum Zürich Dr. R. Lorenz zum Professor für physikalische Chemie und Metallurgie bei der Akademie für Sozial- und Handelswissenschaften und dem Physikalischen Verein in Frankfurt a. M., der Privatdozent an der Technischen Hochschule Karlsruhe Dr. Georg Faber zum a. o. Professor der Mathematik an der Universität Tübingen, der a. o. Professor an der deutschen Universität Prag Dr. Rudolf Spitaler zum ord. Professor der kosmischen Physik ebenda.

Ehrenpromotionen: Aus Anlaß der Feier des 500jährigen Bestehens der Universität Leipzig wurde der Doktorgrad ehrenhalber verliehen: von der medizinischen Fakultät den Professoren der Chemie an der Universität Leipzig Dr. Ernst Beckmann und Dr. Artur Hantzsch, dem Professor der Physik an der deutschen Universität Prag Dr. Ernst Lecher, dem Professor der Physik an der Universität Paris Dr. Gabriel Lippmann, dem Professor der Chemie an der Universität Göttingen Dr. Otto Wallach, dem Verleger der Physikalischen Zeitschrift Verlagsbuchhändler Georg Hirzel in Leipzig; von der philosophischen Fakultät dem Professor der Mechanik und mathematischen Physik an der Hochschule Stockholm Erik Ivar Fredholm, dem dänischen Physiker Michelson, dem Ingenieur Waldemar Poulsen in Kopenhagen, dem Professor der Chemie Svante August Arrhenius in Stockholm.

Berufen: Der Privatdozent für angewandte Mathematik an der Technischen Hochschule in Brünn Dr. R. v. Mises als a. o. Professor an die Univer-ität Straßburg.

Verliehen: Dem Vorsteher des chemischen Laboratoriums der Geologischen Landesanstalt Berlin Dr. R. Gans und dem Privatdozenten für anorganische Chemie an der Technischen Hochschule Stuttgart Dr. Paul Rohland der Titel Professor, dem ord. Professor der Mathematik an der Universität Leipzig Dr. Karl Neumann der Titel Geheimer Rat.

Gestorben: Der Abteilungsvorsteher am Meteorologischen Institut Berlin Dr. Viktor Kremser, der ord. Professor der anorganischen Chemie an der Universität Bern Dr. Karl L. Friedheim.

Gesuche.

Bei der luftelektrischen Kommission der Kgl. Gesellsch. d. Wissensch., Göttingen ist die Stelle eines

wissenschaftlichen Hülfsarbeiters,

die mit einer Remuneration von 1200—1500 M. verbunden ist, möglichst bald zu besetzen. Es können nur die Meldungen bereits promovierter Physiker, welche in selbständiger experimenteller Arbeit geübt und erfahren sind, berücksichtigt werden. Die Meldungen sind zu richten an Professor Dr. **Wiechert, Göttingen,** Geophysikalisches Institut, Hainberg.

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. Friedrich Krüger in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

Have
other
vols